

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет**

**Кафедра приладів і систем неруйнівного контролю**

«На правах рукопису»

УДК 004-93

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Протасов А. Г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## **Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності Автоматизація та комп'ютерно – інтегровані технології**

**на тему: «Система відслідковування переміщення ультразвукового датчика  
на плоскій поверхні об'єкта контролю»**

Виконала:

студентка VI курсу, групи ПК-71мп

Макаренко Альона Віталіївна

Керівник:

Доц., к.т.н., доц.

Галаган Р. М.

Консультант з «Розробка стартап-проекту»:

Доц., канд. екон. наук, доц.

Бояринова К. О.

Рецензент:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Приладобудівний факультет**

**Кафедра приладів і систем неруйнівного контролю**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою  
Спеціальність (спеціалізація) – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Протасов А. Г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Макаренко Альоні Віталіївні**

1. Тема дисертації «Система відслідковування руху ультразвукового перетворювача на плоскій поверхні об'єкта контролю», науковий керівник дисертації Галаган Роман Михайлович, к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від «05» 11 2018 р. № 4078-С
2. Термін подання студентом дисертації 14.12.2018 року
3. Об'єкт дослідження: процес автоматизації відслідковування руху перетворювача на об'єкті контролю.
4. Вихідні дані: середовище моделювання NI LabView, оптичний метод відслідковування за допомогою відеокамери.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналіз стану проблеми в існуючих методах контролю, аналіз методів обробки цифрових зображень; розробка приладу для експериментальних досліджень; розробка програмного забезпечення; експериментальні дослідження роботи системи відслідковування переміщення.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: плакати 4 шт.

7. Орієнтовний перелік публікацій: «Системи машинного зору та їх взаємодія з середовищем моделювання NI LabView», 11-та Науково-практична конференція «Погляд у майбутнє приладобудування», 2018р.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проекту	Бояринова К. О., доцент		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Проведення аналітичного огляду літературних джерел	7.09.2018	Виконано
2.	Огляд існуючих систем відслідковування та комп'ютерного зору	25.09.2018	Виконано
3.	Розробка макету системі відслідковування переміщення об'єкту	20.10.2018	Виконано
4.	Розробка програмного забезпечення	10.11.2018	Виконано
5.	Проведення експериментальних досліджень	20.11.2018	Виконано
	Підбиття підсумків	06.12.2018	Виконано

Студент

Макаренко А. В.

Науковий керівник дисертації

Галаган Р. М.

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається зі вступу та 6-ти розділів, висновку та списку використаної літератури. Повний обсяг складає 69 сторінок, в тому числі 20 ілюстрацій, 24 таблиці, 23 літературних джерела.

**Актуальність теми.** З кожною хвилиною світ стає все більш автоматизованим. Зовсім скоро він перетвориться на єдину цілісну автоматизовану систему, яка дає можливість гарантувати якість виробничих процесів.

З розвитком обчислювальної техніки стало можливим вирішення певного ряду завдань, полегшення і прискорення виконання роботи, а також підвищення якості результату.

Створення пристроїв, що виконують функції розпізнавання об'єктів, у більшості випадків дозволить замінити людину спеціалізованим автоматом. Варто відмітити, що якість виконання роботи людиною залежить від багатьох чинників (кваліфікація, досвід, втома, інтерес). У той же час, справна і налагоджена система працюватиме, забезпечуючи завжди однакову якість виконання роботи. Ще одна вагома перевага автоматичних систем над людиною – швидкодія.

Системи відслідковування руху широко використовуються в охоронних системах, системах спостереження та контролю.

Системи стеження за об'єктами завжди були і залишаються актуальними. У сучасному світі контроль траєкторії руху відіграє важливу роль у забезпеченні якості, продуктивності і, навіть, безпеки.

**Мета дослідження** – розробка системи відслідковування руху.

### **Завдання:**

Для досягнення мети в роботі поставлені наступні задачі:

- 1) Аналіз стану проблеми в існуючих методах контролю;
- 2) Аналіз методів обробки цифрових зображень;
- 3) Розробка приладу для експериментальних досліджень;
- 4) Розробка програмного забезпечення;

5) Експериментальні дослідження роботи системи відслідковування переміщення;

6) Теоретичне обґрунтування зробленого та висновки.

**Об’єкт дослідження** – процес автоматизації відслідковування руху перетворювача на об’єкті контролю.

**Предмет дослідження** – системи відслідковування руху перетворювача

**Публікації:**

1. «Системи машинного зору та їх взаємодія з середовищем моделювання NI LabView», 11-та Науково-практична конференція “Погляд у майбутнє приладобудування”, 2018р.

**Ключові слова:** відслідковування руху, машинний зір, відеопотік, відеокамера, NI Labview.

## **Abstract**

The master's dissertation consists of the introduction and 6 sections, the conclusion and the list of used literature. The full volume is 69 pages, including 20 illustrations, 24 tables, 23 literary sources.

**Actuality of theme.** With every minute the world becomes all more automated. Quite soon he will grow into single integral CAS that gives an opportunity to guarantee quality of productive processes.

With development of the computing engineering the decision of certain row of tasks, facilitation and acceleration of implementation of work, and also upgrading of result became possible.

Creation of devices that execute the functions of recognition of objects, in most cases will allow to replace a man the specialized automat. It costs to notice, that quality of implementation of working as a man depends on many factors (qualification, experience, tiredness, interest). In the same time, the in good condition and adjusted system will work, providing always identical quality of implementation of work. Another ponderable advantage of the automatic systems above a man is a fast-acting.

The systems of watching of motion are widely used in the guard systems, systems of supervision and control.

The systems of shadowing after objects always were and remain actual. In the modern world control of trajectory of motion plays an important role providing of quality, productivity and, even, safety.

**Research aim** - it is development of the system of watching of motion.

### **Task:**

For gaining end next tasks are in-process put: a

- 1) Analysis of the state of problem in the existent methods of control;
- 2) Analyses of methods of processing of digital images;
- 3) Developments of device are for experimental researches;
- 4) software Developments;
- 5) Experimental researches of work of the system of watching of moving;

6) the Theoretical ground done and conclusions.

**A research object** – is a process of automation of watching of motion of transformer on the object of control.

**The article of research** – is the systems of watching of motion of transformer.

**Publications:**

1. "Systems of machine sight and their co-operating with the environment of design of NI LabView", 11th Research and practice conference "Look in a future instrument-making", 2018p.

**Keywords:** watching of motion, machine sight, videostream, video camera, NI Labview.

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД</b> .....	4
1.1. Основні положення теорії відслідковування руху .....	11
1.2. Методи відслідковування руху об'єкта .....	12
1.2.1. Ультразвукове відслідковування.....	13
1.2.2. Електромагнітне відслідковування.....	13
1.2.3. Оптичне відслідковування.....	15
1.3. Основні алгоритми захоплення і відслідковування руху об'єкта у відеопотоці.....	18
1.4. Існуючі системи відслідковування руху об'єкту.....	20
1.4.1 Контактні конструкції визначення координат сканування з лінійними вимірниками відстані.....	20
1.4.2. Акустична система визначення координат положення вимірювального перетворювача на плоскій поверхні об'єкту контролю.....	22
1.4.3. Система відслідковування руху голови.....	24
1.4.4. Віртуальний прилад для систем відеомоніторингу.....	26
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ</b> .....	28
2.1. Методи виділення геометричних примітивів на основі перетворення Хафа.....	28
2.1.1. Метод перетворення Хафа для пошуку прямих.....	28
2.1.2. Перетворення Хафа для пошуку окружностей.....	29
2.2. Методи виявлення об'єктів на зображеннях, заданих еталонами.....	29
<b>РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ</b> .....	33
3.1. Веб-камера. Її опис та технічні характеристики.....	33
3.2. Середовище моделювання NI Labview.....	34
3.2.1. Обробка і аналіз зображень і відео в середовищі моделювання Labview.....	36
3.2.2. Методи виявлення об'єктів, реалізовані в середовищі Labview.....	36



3.3. Структурна схема системи.....	37
<b>РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....</b>	<b>38</b>
4.1. Програмне забезпечення.....	38
<b>РОЗДІЛ 5. АНАЛІЗ ПОХИБОК ПІД ЧАС АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ.....</b>	<b>46</b>
<b>РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....</b>	<b>48</b>
6.1. Опис ідеї стартап – проекту.....	48
6.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	50
6.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	51
6.4. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	59
6.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	61
6.6. Висновки до розділу.....	63
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>65</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>66</b>

## ВСТУП

Останнім часом цифрова обробка та цифровий аналіз зображень знаходять все більше застосування в різних областях науки і техніки, таких як системи відслідковування, інтелектуальні робототехнічні комплекси, системи промислового контролю, системи управління рухомими апаратами, обробка даних дистанційного зондування, біомедичні дослідження, нові технології обробки документів та безліч інших.

Проблематика машинного зору настільки приваблива для сучасних дослідників з тієї причини, що апаратні можливості, надані в даній області останніми досягненнями електроніки та обчислювальної техніки, досягли такого рівня, що вони вже багато в чому наближаються до «технічних характеристик» людини.

Надзвичайна складність проблеми «розуміння зображень» може бути підтверджена тим, що її інтелектуальна (алгоритмічна) складова - достатньо складний елемент. Адже навіть у сучасному автоматизованому світі досі не існує комп'ютерної програми, яка "розуміє" будь-яку видиму сцену. Це пов'язано, мабуть, зі складністю основного предмета, що знаходиться в центрі уваги даної дисципліни, а саме – двовимірного зображення.

Швидше правилом, ніж винятком, є відсутність у інформаційного семантичного змісту зображення будь-якої динамічної моделі формування, в тому сенсі, що це інформаційний семантичний зміст виникає не під дією будь-яких фізичних законів, що описуються математичними рівняннями. Інформаційне наповнення зображення проявляється у вигляді нескінченного розмаїття яскравісно - геометричних структур, моделі яких можуть просто бути відсутніми.

Особливо складним завданням є «розуміння» об'єктів, присутніх в зоні спостереження. Виявлення та ідентифікація багатьох типів таких об'єктів, наприклад будівель і доріг на аерофотознімках, перетворилися навіть в окремі напрямки досліджень.

У той же час для вирішення багатьох практично важливих задач машинного зору загальна проблема «розуміння зображень» може бути зведена до найбільш простої і ясної проблеми виявлення і розпізнавання або вимірювання по одному або декількох зображень об'єктів, що задовольняють деякому, заздалегідь відомому, модельного опису. Теорія машинного зору пропонує цілий ряд різних модельних описів спостережуваних об'єктів, які можуть бути використані для їх виявлення і вимірювання.

Однак загальний метод складання працездатних моделей з вищезазначених причин відсутній. Звідси випливає, що розробка і використання моделей, придатних для ефективного вирішення завдання виявлення відповідних об'єктів, в значній мірі залишається на межі науки.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1. Основні положення теорії відслідковування руху об'єкта

**Відслідковування** – це визначення розташування рухомого в часі об'єкта (декількох об'єктів) за допомогою відеокамери. Алгоритм аналізує кадри відео і видає положення рухомих цільових об'єктів відносно кадру.

Відслідковуванням називається пошук об'єкту в послідовних кадрах відео. Відслідковування об'єкту в деяких випадках може виконуватися за допомогою алгоритмів детектування. При детектуванні основна ідея полягає в тому, щоб спочатку визначити регіони інтересу (ключові точки), які будуть незалежні до перетворень. Потім для кожного регіону інтересу будується його векторне представлення - дескриптор. Далі на кожному кадрі виконуватиметься пошук об'єкту і виділення його місця розташування прямокутником. При трекінгу метою є знаходження об'єкту в поточному кадрі, якщо він успішно відстежувався в усіх попередніх кадрах. Оскільки об'єкт був відстежений до поточного кадру, відомі параметри моделі руху : швидкість і напрям руху об'єкту в попередніх кадрах. Тому можна передбачити нове місце розташування об'єкту, спираючись на його модель руху, і воно буде дуже близько до реального нового положення об'єкту.

В даному випадку місце розташування об'єкту спочатку знаходиться за допомогою алгоритму детектування, а потім за допомогою алгоритму трекінгу відстежується переміщення об'єкту.[1]

Для детектування об'єкту на зображенні застосовуються алгоритми розпізнавання. Алгоритм розпізнавання, або класифікації, зображень приймає картинку як вхідні дані і виводить, що міститься на цьому зображенні. Класифікація зображень робиться в декілька етапів. Спочатку вхідне зображення обробляється для нормалізації контрасту і яскравості, а також обрізається і масштабується до фіксованого розміру.

На другому етапі необхідно спростити зображення шляхом витягання важливої інформації, оскільки початкове зображення містить надто багато

додаткової інформації, не потрібної для класифікації. Цей етап називається витяганням ознак. Існує досить велика кількість ознак, що використовуваних в комп'ютерному зорі.

На третьому етапі алгоритм класифікації приймає вектор ознак як вхідні дані і виводить до якого класу належить зображення.

Ключовою проблемою відслідковування є зіставлення положень цільового об'єкта на послідовних кадрах, особливо якщо об'єкт рухається швидко порівняно з частотою кадрів. Таким чином, системи відслідковування зазвичай використовують модель руху, котра описує, як може змінюватись зображення цільового об'єкта при різноманітних його рухах.

Прикладами таких простих моделей руху є:

- відслідковування плоских об'єктів, модель руху – двовимірне перетворення (афінне перетворення або гомографія) зображення об'єкта (наприклад, початкового кадру);
- коли цільовим є жорсткий тривимірний об'єкт, модель руху визначає вигляд залежно від його положення у просторі та орієнтації;
- для стиснення відео, ключові кадри розділяють на блоки. Модель руху являє собою розрив ключових кадрів, де кожен блок перетворюється за допомогою вектору руху, отриманого з параметрів руху;
- зображення деформованого об'єкта може бути покрите сіткою, рух об'єкта задають положенням вершин цієї сітки.

Головне завдання алгоритму відслідковування – це послідовний аналіз кадрів відео для оцінки параметрів руху. Ці параметри характеризують положення цільового об'єкта.[2]

## **1.2. Методи відслідковування руху об'єкта**

Жодна система не може вважатися повноцінною системою, якщо вона не буде знати позицію і орієнтацію користувача та його дії в кожен момент часу.

Відслідковування організовує передачу цієї інформації в «головний мозок» системи.

Для реалізації відслідковування в просторі застосовуються:

- 1) електромагнітні системи,
- 2) ультразвукові системи,
- 3) оптичні системи.

### **1.2.1. Ультразвукове відслідковування**

У системі ультразвукового відслідковування передавачі розташовуються на реальному об'єкті, який рухається в просторі, а приймачі кріпляться таким чином, щоб утворити антену (в деяких системах передавачі і приймачі міняються місцями, все залежить від поставленої задачі).

Коли передавач посилає сигнал, його приймають статичні сенсори і вимірюють час між відправленням і прийомом сигналу. На основі отриманого результату, тобто за часом затримки, вираховується відстань між випромінювачем і приймачем. За даними про відстані обчислюються тривимірні координати об'єкта в системі. Орієнтація об'єкта визначається за допомогою зв'язки з трьох жорстко закріплених передавачів.

Перевагами систем ультразвукового відслідковування є хороша точність вимірювання координат і кутів, а також можливість побудови практично будь-якої робочої зони.

До основних недоліків ультразвукового відслідковування слід віднести:

- 1) необхідність прямої видимості між випромінювачами і приймачами,
- 2) низька швидкість ультразвуку,
- 3) необхідність точного калібрування приймачів,
- 4) зниження точності при зміні температури і при поривах вітру.[3]

### **1.2.2. Електромагнітне відслідковування**

При електромагнітному відслідковування вимірюється сила магнітного поля. Магнітне поле виникає в результаті пропускання струму через три електромагнітні

катушки, розташовані перпендикулярно один одному. Ці катушки повинні знаходитися в маленькому корпусі, закріпленому на об'єкті, що рухається, положення якого потрібно відстежувати. Струм, що послідовно проходить через катушки, перетворює їх в електромагніти, що дозволяє визначити їх позицію і орієнтацію в просторі. Така система погано працює поблизу будь-яких металевих об'єктів і пристроїв, здатних вплинути на електромагнітне поле.

На базі цієї технології створено пристрій SpaceGrips, а також різні модифікації віртуальних рукавичок. Для їх якісної роботи потрібне спеціально обладнане приміщення, але і тоді систему необхідно заново калібрувати практично щомісяця.

Якщо оснастити системою відслідковування, наприклад оптичними маркерами або електромагнітним датчиком, звичайний джойстик або інший пристрій взаємодії з комп'ютером, то вийде пристрій управління віртуально реальністю. Як правило, розробки компаній в цій галузі спрямовані на те, щоб комплектувати стандартні пристрої управління системою відслідковування.

На рис. 1 представлено принцип дії однієї з електромагнітних систем відслідковування.[4]

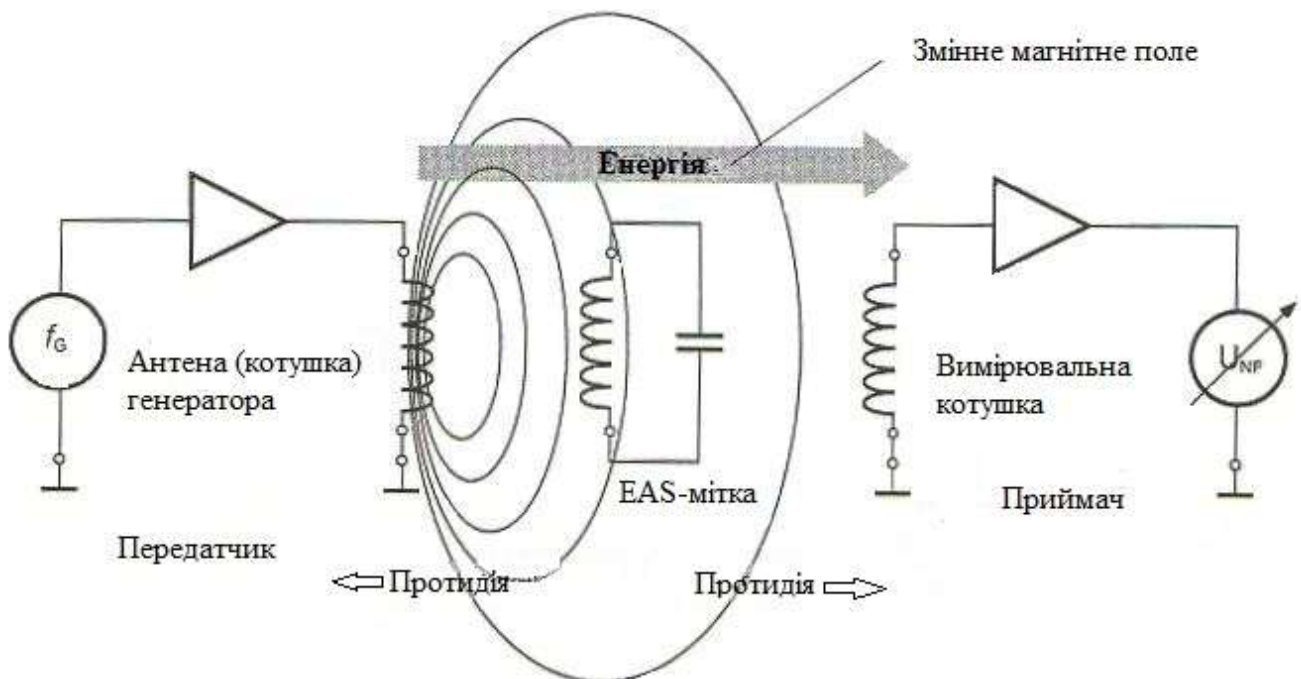


Рис.1. Принцип дії електромагнітної системи відслідковування

### **1.2.3. Оптичне відслідковування**

Системи оптичного відслідковування засновані на тому ж принципі, що і стереоскопічний зір людини. Коли людина дивиться двома очима, вона здатна визначити, на якій відстані знаходиться об'єкт і як він орієнтований.

Робота систем оптичного відслідковування заснована на відслідковуванні спеціальних оптичних маркерів, якими оснащений механізм взаємодії з віртуальною реальністю (інтерактивний пристрій). Потім система відслідковування передає сигнал в комп'ютер, де інформація обробляється. Після цього система дає реакцію на зміну позиції і орієнтації інтерактивного пристрою, видозмінюючи віртуальну реальність згідно прописаним сценарієм взаємодії.[5]

#### **Пристрої для оптичного відслідковування з оптичними маркерами**

Для систем оптичного відслідковування, як правило, використовуються спеціальні модулі реєстрації оптичного сигналу, інакше датчики або камери (від одного в простих системах і до декількох десятків в комплексних системах віртуальної реальності).

Одним із завдань систем оптичного відслідковування є калібрування системи в координатах реального світу. Це робиться для встановлення взаємно однозначної зв'язку між координатами в реальному і віртуальному світах, щоб людина змогла «взяти» віртуальний предмет своєю рукою або спеціальним пристроєм, а система відбила цю дію в своєму віртуальному просторі.

Основний недолік систем оптичного відслідковування - необхідність точного калібрування модулів прийому оптичного сигналу (камери). Для роботи такої системи зазвичай потрібно дві камери або більше. Їх робоча зона - це область перетину видимості камер. Чим ширшою повинна бути зона взаємодії, тим більше камер необхідно встановити, тим складніше стає процедура калібрування. Однак оптичні системи відслідковування застосовуються частіше за інших, оскільки вони більш надійні і доступні в ціні.[6]

#### **Оптичне відслідковування на базі 2-х і більше камер**

Системи професійного оптичного відслідковування від західних компаній сьогодні використовують від двох до чотирьох камер у кожній системі



відслідковування. У системах з двома і більше камерами потрібно провести внутрішнє калібрування, тобто встановити залежність між зовнішніми розмірами шаблону-маски і його образом на матриці камери. Після цього слід виконати зовнішнє калібрування, зв'язавши координатні системи (реальне місце розташування) камер між собою, а потім з координатної системою віртуального світу (як правило, це координати екрану, що є «вікном» у віртуальну реальність).

При використанні двох, трьох, чотирьох і більше камер, необхідно їх калібрувати попарно. Раніше це робилося вручну, зараз це зроблено в напівавтоматичному режимі. Вартість таких систем - від \$ 10 тис.

**Оптична локація** – сукупність методів виявлення, вимірювання координат, а також розпізнавання форми об'єктів за допомогою електромагнітних хвиль оптичного діапазону - від ультрафіолетових до далеких інфрачервоних. Оптична локація дозволяє з високою точністю (до декількох десятків см) виробляти картографування земної поверхні, поверхні Місяця, визначати відстань до хмар, літаків, космічних, надводних і підводних (використовуючи зелену ділянку спектра) об'єктів, досліджувати розподіл інверсійних і аерозольних шарів в атмосфері. Практично створення оптичних локаторів з великою дальністю дії, високими точністю і роздільною здатністю стало можливим тільки з появою таких потужних джерел когерентного випромінювання, як оптичні квантові генератори - лазери. У оптичному локаторі використовуються ті ж принципи визначення координат, що і в радіолокації: оптичний локатор опромінює об'єкт за допомогою передавача і приймає відбите від нього випромінювання за допомогою приймача. Електричний сигнал на виході приймача містить інформацію про параметри об'єкта; характеристики цього сигналу в середньому пропорційні координатам об'єкта. Методи виявлення об'єктів оптичним локатором і визначення їх кутових координат в основному такі ж, як в тепlopеленгації, а методи визначення дальності такі ж, як в радіолокації. Внаслідок квантового характеру взаємодії лазерного випромінювання з детектором приймача і когерентності лазерного випромінювання методи обробки сигналу в оптичний локатор є статистичними.

Якщо оптичний локатор визначає лише відстань до об'єктів, він називається електрооптичним дальноміром.

Схема і принцип дії одного з типів оптичного локатора для стеження за авіаційними і космічними об'єктами показані на рис.2. Промінь лазера, пройшовши через коліматор, системою дзеркал прямує на об'єкт. Відбитий від об'єкта промінь вловлюється плоским дзеркалом і прямує на параболічне дзеркало, з якого надходить одночасно на дисектор (або матрицю фотоприймача) - для визначення кутових координат і на фотоелектронний помножувач (або інший детектор) - для визначення дальності об'єкта. Електричні сигнали з дисектора подаються в систему, що стежить, керуючу становищем передавальною і приймальною оптичних систем локатора.[7]

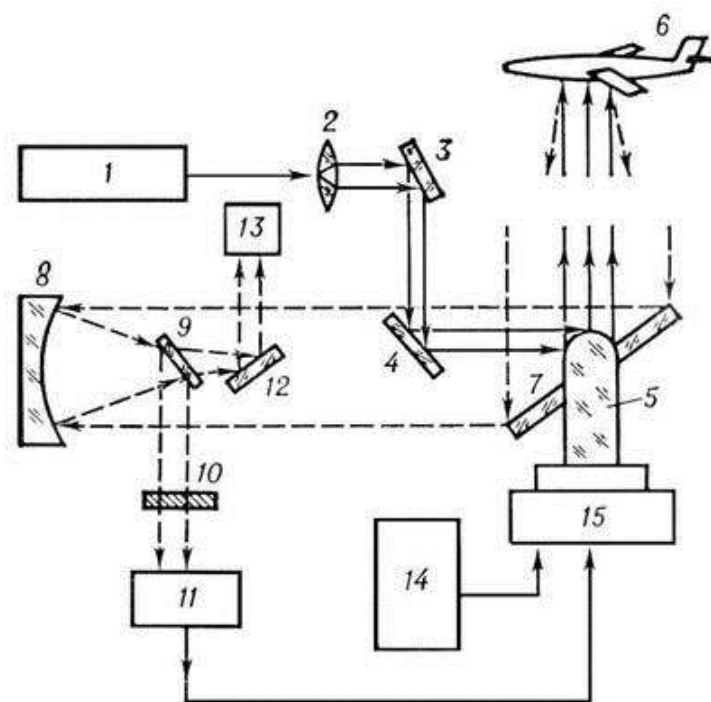


Рис. 2. Схема і принцип дії оптичного локатора: 1 - передавач (лазер); 2 - коліматор; 3, 4 - дзеркала; 5 - передає оптична система; 6 - об'єкт; 7 - приймальна оптична система; 8 - дзеркало; 9 - напівпрозоре дзеркало; 10 - вузькосмуговий оптичний фільтр; 11 - дисектор; 12 - дзеркало; 13 - приймач далекомірного пристрою (фотоелектронний помножувач); 14 - пристрій ручного управління; 15 - система відслідковування. Пунктиром показаний хід променів, відбитих від об'єкта.

Провівши аналіз методів відслідковування руху об'єкта, для проведення експериментальних досліджень було обрано оптичний метод на базі відеокамери.[8]

### **1.3. Основні алгоритми захоплення і відслідковування руху об'єкта у відеопотоці**

Для вирішення завдань захоплення і відслідковування руху об'єкта у відеопотоці створено безліч алгоритмів, що дозволяють проектувати актуальне програмне забезпечення для різних сфер застосування. Проведемо аналіз алгоритмів Лукаса - Канаді, шаблонів руху, здвигу середнього, Віюли - Джонса, здвигу, що безперервно адаптується, для вирішення завдань захоплення і відслідковування об'єктів у відеопотоці.

Для аналізу вибрані наступні алгоритми, які найчастіше використовуювані для захоплення і відслідковування об'єктів, що рухаються, початковий код яких вільно доступний на мові програмуванні C++ в мережі Інтернет для експериментів і модифікації :

- шаблонів рухів (Motion Templates) - оснований на пошуку меж об'єктів в кожному кадрі відеопотоку. Зміщення межі на новому кадрі відносно попереднього задає вектор руху об'єкту. Цей алгоритм найбільш ефективний при русі великих об'єктів і часто використовується для розпізнавання динамічних жестів в людино-машинних інтерфейсах;

- зсуву середнього (Mean - Shift) - оснований на математичній моделі, яка полягає в тому, що обчислюється локальний екстремум щільності розподілу набору характерних точок, тобто алгоритм відстежує зміщення центру мас точок, що визначають об'єкт стеження, отримуючи на виході вектор руху об'єкту. Висока ефективність досягається при яскраво вираженій колірній відмінності об'єкту і фону;

- зсуву (CamShift), що безперервно адаптується, - оснований на алгоритмі зсуву середнього, але відрізняється тим, що автоматично підлаштовує межі і розмір

вікна, в межах якого розташовані характерні точки. Таким чином робиться точніше відслідковування об'єкту, що змінюється в розмірах;

- Лукаса - Канаді (Lucas - Kanade) - оснований на диференціальному обчисленні оптичного потоку за допомогою аналізу пікселів (передбачається, що оптичний потік однаковий для пікселів, що лежать в околиці центру вікна стеження), при цьому зміщення пікселів між сусідніми кадрами має бути невелике. Цей алгоритм більше двадцяти років активно використовується в додатках комп'ютерного зору і вже довів свою високу ефективність для широкого кола завдань;

- Віоли - Джонса (Viola - Jones) - оснований на виявленні в кадрі наборів пікселів, що співпадають із заздалегідь підібраними шаблонами, які складаються з білих і чорних прямокутників. Для розпізнавання різних об'єктів потрібен свій унікальний набір шаблонів, який створюється шляхом навчання алгоритму на конкретному об'єкті. Правильно навчений алгоритм працює з високою ефективністю, проте сам процес навчання досить трудомісткий, вимагає від розробника-дослідника спеціальних знань про цей алгоритм і добре організованої навчальної вибірки.

Для початку роботи будь-якого алгоритму відслідковування потрібно яким-небудь чином ініціалізувати первинну область стеження або масив характерних точок. Існують алгоритми, що самостійно виявляють шуканий об'єкт в кадрі при його появі, а для інших об'єктів або вказується вручну, або його координати/характерні точки передаються з функції виявлення. Крім того, деякі алгоритми вимагають навчання перед їх використанням. Усе вищеописане визначає міру автономності алгоритму.

Крім того, в процесі дослідження розглянуті алгоритми були перевірені на стійкість під впливом різних негативних параметрів. Результати перевірки приведені в таблиці. 1.[9]

*Табл. 1. Результати перевірки алгоритмів на вплив різних негативних параметрів*

Алгоритм	Негативний параметр			
	Об'єкт рухається дуже швидко	Об'єкт мало відмітний за кольором від фону	Рухомий фон	Розміри об'єкту мінються з часом
Шаблонів рухів	-	+	-	+
Зсуву середнього	-	-	+	-
Зсуву, що безперервно адаптується	-	-	+	+
Лукаса - Канаді	-	+	+	-
Віюли - Джонса	+	+	+	+

#### **1.4. Існуючі системи відслідковування руху об'єкту**

##### **1.4.2 Контактні конструкції визначення координат сканування з лінійними вимірювачами відстані**

Серед найпростіших конструкцій механічних систем визначення координат перетворювача на пласкій поверхні є координатограф, розроблений американською фірмою «Olympics» (раніше «Panametrics»), для визначення товщини сталевих листів та ступеня корозійного пошкодження з допомогою ультразвукового товщиноміру. Принцип роботи такого координаторграфа представлений на рисунку 3.

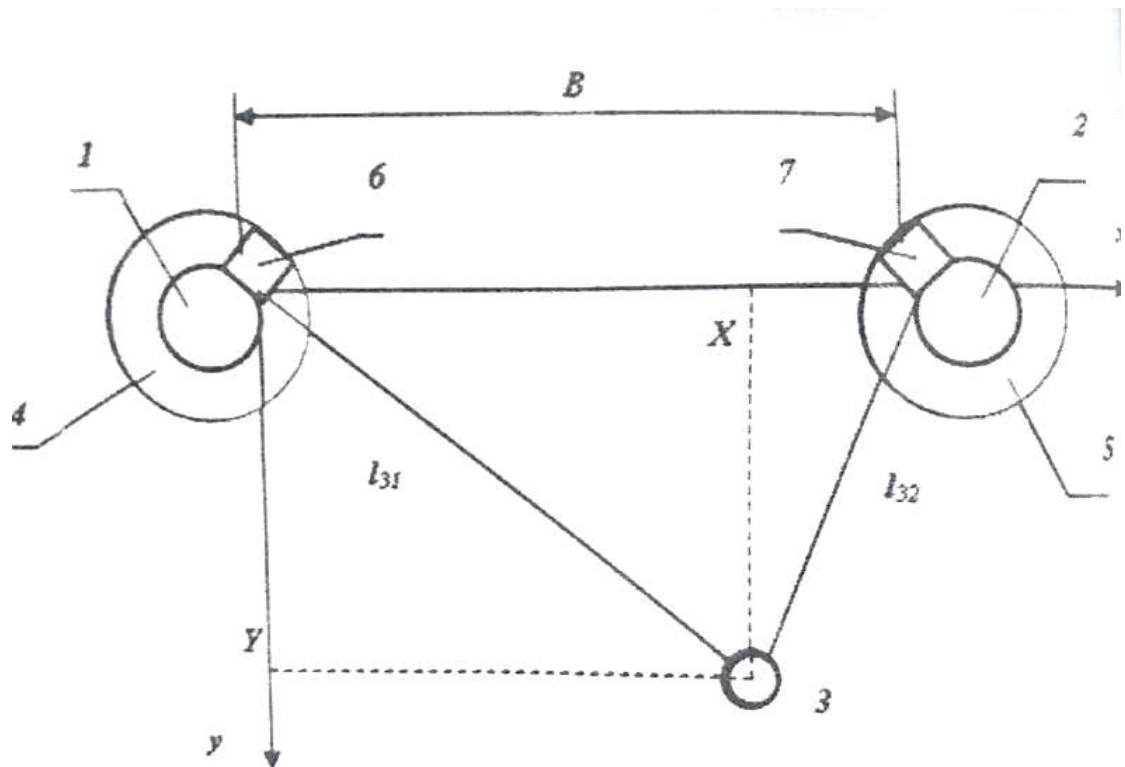


Рис. 3. Система визначення координат: 1, 2 – котушки рулеток; 3 – вимірювальний перетворювач (дефектоскопу); 4, 5 – магнітні присоси; 6, 7 – пристрої зчитування довжин.

Такий координатор складається з двох вимірювачів довжини типу рулетки, які закріплюються на поверхні плоских металевих листів за допомогою магнітних або пневматичних присосів. Конструкція присосів включає два реверсивні зчитувачі довжин стрічок рулеток за числом міток на поверхні металевих стрічок рулеток. Кінці цих мірних стрічок рулеток закріплюються на корпусі перетворювача товщиноміра так, що відстань цього корпусу від зчитувачів утворює довжини. Відстань між зчитувачами довжин мірних стрічок утворює базу вимірювань.

Знаходження координат вимірювального перетворювача в даній системі виконується математично.

Точність визначення координат в такій системі відліку залежить від похибки вимірювання довжин та точності встановлення величини бази вимірювання.

Навіть без розгляду можливих похибок визначення координат можна зробити висновок, що подібні механічні координаційні системи мають відносно низьку

точність. При цьому мова йде лише про точність визначення координат відносно даної системи відліку. Абсолютна точність координат положення вимірювального перетворювача в реальних координатах об'єкту контролю не розглядається.

Для визначення реальних координат положення вимірювального перетворювача у процесі сканування поверхні об'єкту контролю необхідно виконувати прив'язку координат бази вимірювання до координат об'єкту. Тоді визначення координати перетворювача повинні перераховуватися в координати об'єкту контролю з урахуванням координат лінії бази вимірювання.

#### **6.6.1. Акустична система визначення координат положення вимірювального перетворювача на пласкій поверхні об'єкту контролю**

Принцип роботи системи: акустичний випромінювачі радіоімпульсних коливань розміщується на видовженому корпусі вимірювального перетворювача. Збуджені ним коливання приймаються аналогічними акустичними приймачами, розміщеними на такій же висоті по краях бази вимірювань, довжину якої вибирають, наприклад, у межах одного метра (рис. 4).

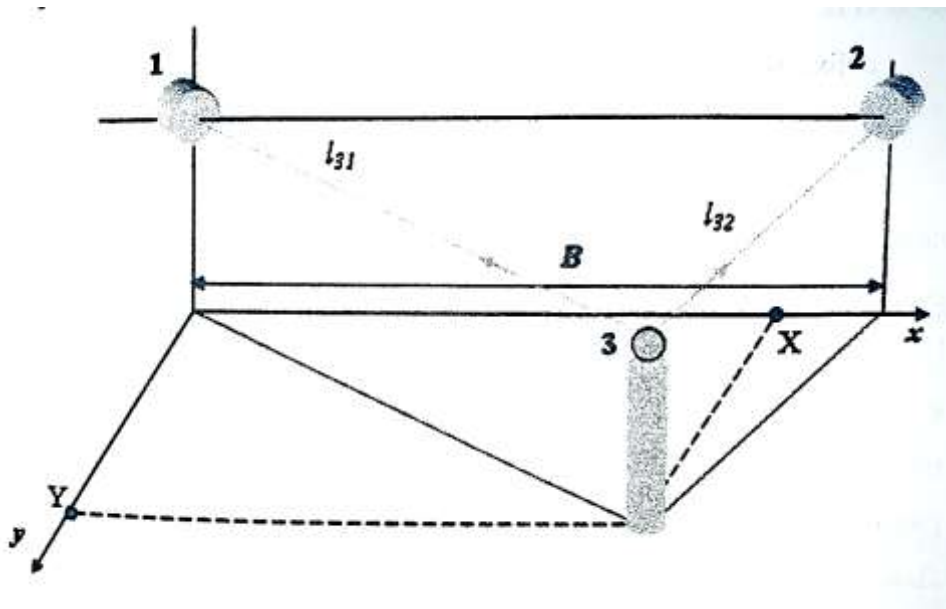


Рис. 4. Схема визначення координат вимірювального перетворювача: 1, 2 – приймачі акустичних коливань, 3 – збудник акустичних коливань.

В такій системі висота розташування випромінювача і приймачів коливання вибирається з умов уникнення похибок.

Як для збудження акустичних коливань, так і для їх приймання можуть використовуватися перетворювачі виробництва США та інших країн. Технічні характеристики таких перетворювачів:

- 1) Частота випромінювання і по йому акустичних коливань 30 - 60 кГц;
- 2) Вхідний електричний імпеданс на частоті 40 кГц – 1,8 кОм;
- 3) Ширина смуги частот при прийомі коливань - до 10 кГц.

Збудження і прийом коливань виконує п'єзокерамічна пластина з ЦТС-19.

### 1.6.1. Ультразвукова система визначення координат положення перетворювача в тривимірному просторі

Дана система визначення тривимірних координат може використовуватися в роботизованих системах. Вона відрізняється від системи, представленій в попередньому розділі, введенням третього приймача ультразвукових хвиль, що збуджуються акустичним випромінювача розміщених на корпусі вимірювального перетворювача.

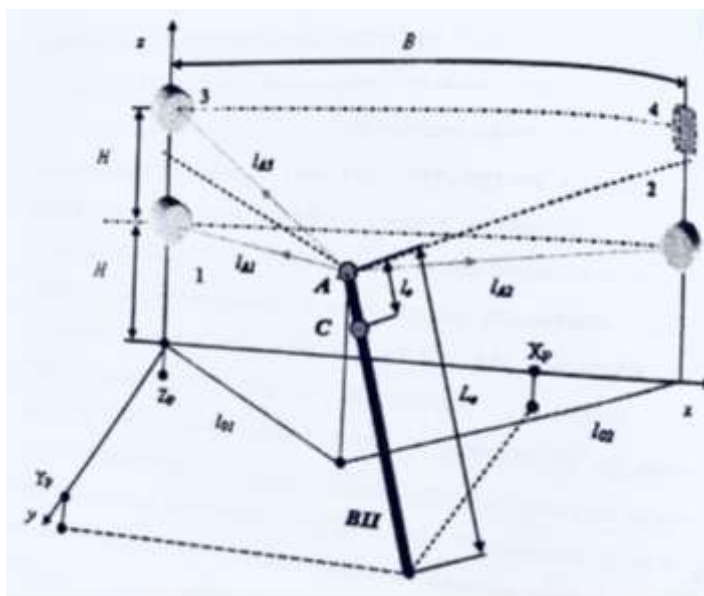


Рис. 5. Визначення координат вимірювального перетворювача за координатами збудників ультразвукових коливань: 1, 2, 3 – приймачі акустичних коливань; 4 – додатковий збудник; А, С – збудники акустичних коливань.



У системі вимірюється час затримки ультразвукового імпульсу при проходження ним відстаней до акустичних приймачів, що розташовуються в трьох точках.

Першим етапом роботи системи є визначення координат збудників акустичних коливань. Проте їх координати не є координатами вимірювального перетворювача. Адже в подібних системах випромінювачі встановлюються на достатньо значних відстанях від вимірювального перетворювача. Відстань між збудниками коливань фіксована. Координати вимірювального перетворювача визначаються математичним шляхом.[10]

### **6.6.2. Система відслідковування руху голови**

Система відслідковування рухів голови - пристрій введення інформації для персонального комп'ютера, що перетворює рухи голови користувача в координати.

У споживчих системах застосовуються ті ж технології, що і в системах захоплення рухів тіла, але оптимізовані під низьку ціну. При цьому рух вимагається відстежувати лише в обмеженому просторі перед комп'ютерним монітором.

На голові користувача закріплюється маркер. Він може наклеюватися прямо на лоб, кріпитися до навушників, до головного убору і т. д. Нерухомий датчик відстежує рухи маркера. Відслідковування маркера може бути електромагнітним, лазерним, оптичним або ультразвуковим. Маркер може бути активним і пасивним. Активний маркер має вбудований випромінювач (відповідно, він або має вбудоване джерело живлення, або прив'язаний дротом до основного блоку). Пасивний маркер відбиває видиме або інфрачервоне світло.[11]

#### **Приклади використання подібних систем:**

##### **1) TrackIP**

У системах типу TrackIR застосовується інфрачервона камера з підсвічуванням інфрачервоними діодами. У ролі маркерів використовується спеціальна відбиваюча наклейка. Також в деякі комплектації TrackIR входить головний убір (переважно, кепка) з двома ушитими маркерами (на козирку і ззаду - для тих, хто носить її козирком назад).

Рух в TrackIR відстежується за шістьма ступенями свободи - це дозволяє, наприклад, "перегнутися через борт". У світі авіасимуляторів вважається high - end. Недолік - висока ціна. Система TrackIR представлена на рисунку 6.

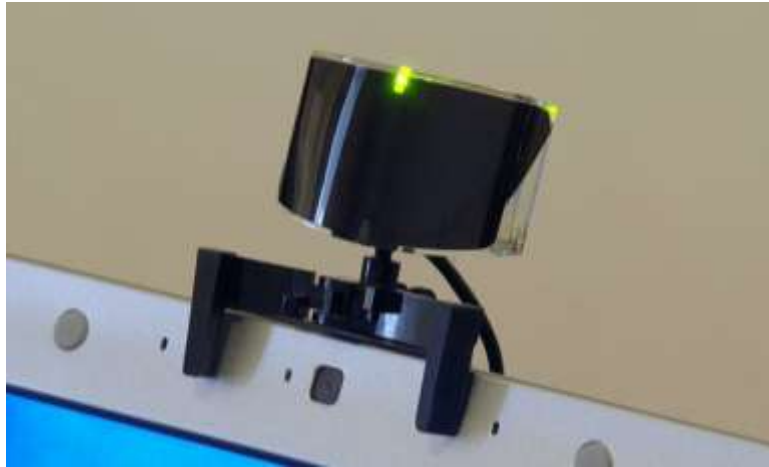


Рис. 6. TrackIR - перша з систем відслідковування рухів голови, що вийшли на масовий ринок.

## 2) Професійний трекінг A.R.T (Advanced Realtime Tracking)

A.R.T. – професійна система відслідковування, яка використовується в наукових дослідженнях, системах віртуальної реальності для розробки складних технічних виробів (авіакосмічна і автомобільна промисловість і т.д.), медицині і робототехніці. Система побудована на інфрачервоному оптичному принципі. Також A.R.T. може працювати в режимі motion capture. Система A.R.T. в дії представлена на рисунку 7.[12]

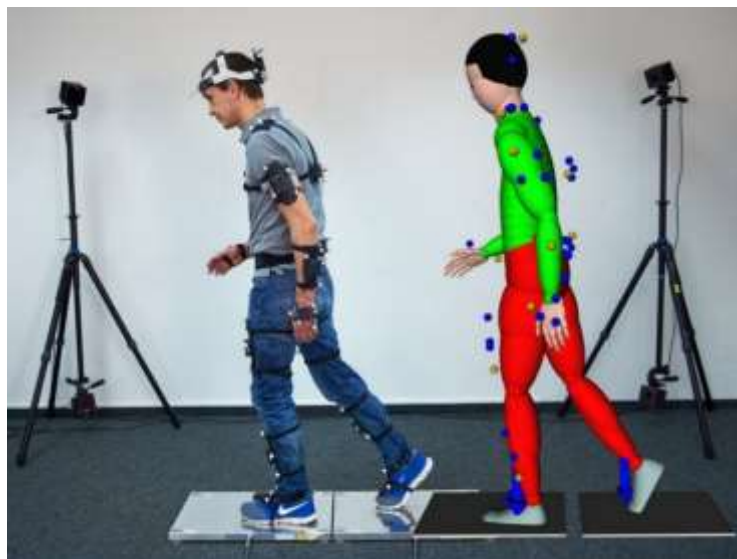


Рис. 7. A.R.T. – професійна система відслідковування

### 6.6.3. Віртуальний прилад для систем відеомоніторингу.

Дана система реалізує відеомоніторинг контрольованої зони із застосуванням доступних для звичайного користувача засобів. При виявленні руху в контрольованій зоні система повинна включити відеозапис подій, що відбуваються, і оповістити оператора по GSM- каналу. У якості візуального датчика використовується звичайна USB Web - камера. Для сповіщення оператора використовуваний GSM - модем або стільниковий телефон, підключений до USB входу персонального комп'ютера, на якому і працюватиме розроблений віртуальний прилад. Загальний вигляд запропонованої системи представлений на рисунку 7.



Рис. 7. Система відеомоніторингу

Віртуальний прилад, що розробляється, повинен здійснювати послідовну обробку кадрів зображення, зроблених Web - камерою. За результатами обробки приймається рішення про наявність руху в контрольованій зоні. У разі розпізнавання руху включається відеозапис і GSM – сповіщення.

Далі відбувається ініціалізація підключеної до персонального комп'ютера Web - камери і робляться знімки контрольованої зони із заданим інтервалом часу. Віртуальний прилад порівнює отримані від Web - камери кадри і виводить результат порівняння на лицьову панель віртуального приладу.

Демонстрація роботи віртуального приладу в системі відеомоніторингу представлена на рисунку 8. Розроблений віртуальний прилад для систем відеомоніторингу і його експериментальні тести наочно демонструють можливості застосування середовища графічного програмування Labview. Наявний в Labview інструментарій значно спрощує реалізацію складних завдань по цифровій обробці зображень. Алгоритми, використовувані при побудові віртуального приладу, можуть бути застосовані в інших системах цифрової обробки даних, системах технічного зору, системах безпеки із застосуванням цифрової обробки зображень.[13]

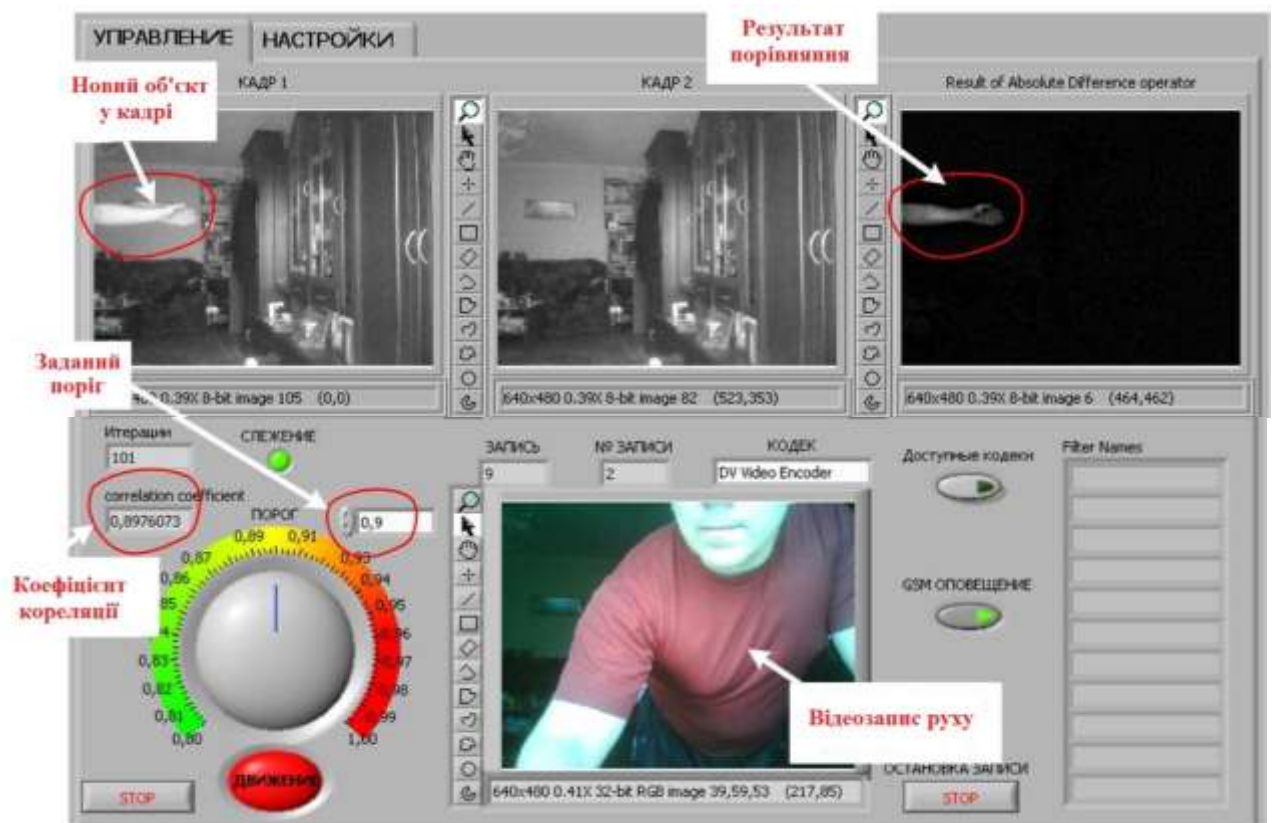


Рис. 8. Система відеомоніторингу, зібрана за допомогою Labview

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ

### 2.1. Методи виділення геометричних примітивів на основі перетворення Хафа

Одним з найбільш ефективних методів пошуку аналітично заданих примітивів є на сьогодні група методів, заснованих на ідеї перетворення Хафа (Hough).

#### 2.1.1. Метод перетворення Хафа для пошуку прямих

Класичне перетворення Хафа призначене для виділення на бінарному зображенні прямих ліній. Воно ґрунтується на використанні простору параметрів, у якому і проводиться пошук прямих. Найбільш поширені наступні параметричні рівняння прямих (1) та (2):

$$Y = kX + b \tag{1}$$

$$X \cos(\theta) + Y \sin(\theta) = \rho \tag{2}$$

Суть методу перетворення Хафа полягає в наступному: для кожної точки простору параметрів підсумовується кількість голосів, поданих за неї, тобто число точок вихідного простору, що породжують відгуки в просторі параметрів, що проходять через дану точку  $(\rho, \theta)$ . Тут використовується той факт, що будь-які дві синусоїди в просторі параметрів перетнуться в точці  $(\rho, \theta)$  тільки тоді, коли точки, що їх породжують, у вихідному просторі лежать на прямій, що описується рівнянням (3):

$$X \cos(\theta) + Y \sin(\theta) = \rho \tag{3}$$

з параметрами  $(\rho, \theta)$ .

Запроваджена таким чином функція  $A(\rho, \theta)$  називається акумуляторною функцією, причому абсолютне значення її в точці  $(\rho, \theta)$  дорівнює числу точок контурного препарату, що лежать на прямій у вихідному просторі зображення.

У тому разі, коли на зображенні представлено  $m$  прямих, акумуляторна функція  $A(\rho, \theta)$  буде мати рівно  $m$  локальних максимумів в точках, що відповідають наявним прямим. Таким чином, для виявлення прямих на вихідному зображенні досить знайти всі значні локальні максимуми акумуляторної функції.[14]

### **2.1.2. Перетворення Хафа для пошуку окружностей**

Згаданий в попередньому розділі алгоритм перетворення Хафа абсолютно аналогічно працюватиме не тільки при будь-якому іншому виборі параметрів прямих, але і будучи застосованим до виявлення будь-якої іншої кривої, що описується на площині деяким числом параметрів, що вплине лише на зміст і розмірність простору параметрів.

Розглянемо спочатку алгоритм виявлення окружностей заданого радіусу, що не використовує орієнтацію нормалі в контурних точках. Очевидно, що набір центрів усіх можливих окружностей радіуса  $R$ , що проходять через задану точку, утворюють коло радіуса  $R$  навколо цієї точки. Таким чином, функція відгуку для пошуку окружностей відомого розміру являє собою коло такого ж розміру з центром у голосуючій точці. Максимум акумулятора відповідає положенню центру кола на зображенні.[15]

## **2.2. Методи виявлення об'єктів на зображеннях, заданих еталонами.**

У цій групі методів передбачається, що для кожного класу об'єктів відомі одне або декілька еталонних зображень. На основі цієї інформації необхідно класифікувати кожне зображення, яке з'являється повторно.

**Кореляційне виявлення** — традиційна техніка порівняння зображення з еталоном ґрунтується на розгляді зображень як двовимірних функцій яскравості

(дискретних двовимірних матриць інтенсивності). При цьому вимірюється або відстань між зображеннями, або міра їх близькості.

Зазвичай, відстані між зображеннями розраховуються за формулою(4):

(4)

$$\rho(f, g) = \left[ \sum_{(x,y) \in X} |f(x, y) - g(x, y)|^\alpha \right]^{1/\alpha}$$

де  $f(x, y)$ ,  $g(x, y)$  – функції інтенсивності  $X$  апертури зони пошуку; величина  $\alpha \in [1, \infty]$  визначає характеристики використовуваної метрики. Очевидно, що при  $\alpha = 2$ , цей вираз описує звичайну відстань Евкліда між зображеннями, що розуміються як вектори, що належать простору  $L2(x, y)$  на полі зору  $X$  функцій з інтегрованим квадратом.

Нехай дано  $n$  еталонних зображень  $\{g_i\}$ ,  $i = 1, \dots, n$ , кожне з яких відповідає  $i$ -му класу. Віднесення фрагмента зображення  $f$ , що знову пред'являється, до деякого класу  $j$  може здійснюватися, наприклад, по методу мінімальної відстані до відповідного еталону (5):

(5)

$$j = \operatorname{argmin}(\rho(f, g_i))$$

Цей простий метод має два основні недоліки:

- 1) критерій виявлення залежить від лінійних розмірів еталону і зображення;
- 2) критерій виявлення не інваріантний навіть до простих фотографічних перетворень яскравості виду  $f' = af + b$ .

Тому більш доцільним являється використання кореляційної метрики, а саме - нормованого коефіцієнта кореляції (6).

(6)

$$k(f, g) = \frac{\sum_{(x,y) \in X} (f(x, y) - f^0)(g(x, y) - g^0)}{\sqrt{\sum_{(x,y) \in X} (f(x, y) - f^0)^2} \sqrt{\sum_{(x,y) \in X} (g(x, y) - g^0)^2}}$$

де  $f^0, g^0$  - середні значення інтенсивності для зображень відповідно  $f, g$ .

Важливі недоліки кореляційних схем виявлення проявляються в при відсутності радіометричних (яскравісних) і, особливо, геометричних спотворень поточного зображення в порівнянні з еталонними. Спостерігається швидке зменшення кореляційного зв'язку при спотвореннях ракурсів. Особливо критичними є повороти зображень.

**Узгоджена фільтрація** використовується якщо зображення розглядається не як півтонове, а як бінарне. У цьому випадку еталонне виявлення об'єктів зводиться до процедури узгодженої фільтрації.

Узгоджена фільтрація є різновидом віконної фільтрації. При цьому створюється вікно, співпадаюче за формою з шуканим об'єктом, призначається центральний піксель вікна (reference point), після чого робиться прохід вікном по вхідному зображенню. У кожному можливому положенні вікна підраховується число ненульових елементів вікна. Якщо це число більше деякого порогу (рангу), то приймається рішення про виявлення об'єкту в цій точці, і в центральний піксель поточного вікна на вихідному зображенні виставляється значення 1.

**Узагальнене перетворення Хафа** дозволяє швидко виявляти графічні примітиви, що описуються аналітичними рівняннями : прямі лінії, кола, еліпси, тощо. Пізніше метод голосування контурних точок в простір параметрів був узагальнений на випадок кривих, що не описуються в аналітичній формі. У такій найбільш загальній формі він отримав найменування узагальненого перетворення Хафа (GHT). Спробуємо узагальнити викладену раніше схему виявлення кіл відомого радіусу, що використовує інформацію про орієнтацію вектору градієнта в контурних точках, на випадок виявлення об'єктів довільної форми (рис.8).



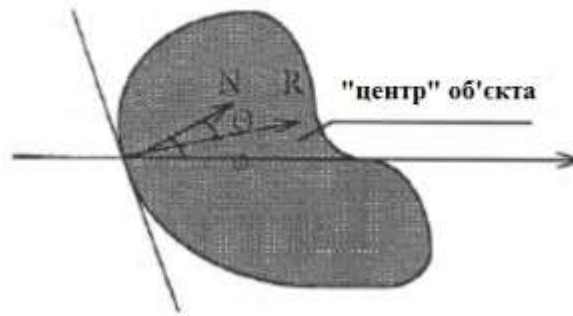


Рис. 8. Ідея загального перетворення Хафа

У цьому випадку важливим є те, що відстань  $R$  від поточного пікселя межі більше не константа, а є функцією  $R(\theta)$  від кута крайової орієнтації  $\theta$ ; і кут напрямку на центр  $\varphi$  від крайового пікселя більше не рівний  $\theta$ , а являється функцією  $\varphi(\theta)$ . Можна переписати це у формі  $R = R(R(\theta)\varphi(\theta))$ , або, ще простіше, як  $R(\theta)$ . На додаток, в загальному випадку "центр" повинен наново інтерпретуватися як умовна точка локалізації  $L$ . Вибір точки локалізації  $L$  не є єдиним і може регулювати помилки. У загальному випадку слід чекати, що положення точки локалізації поряд з центром тяжіння периметра об'єкту мінімізує помилки, обумовлені неточністю оцінки орієнтації краю.

Для визначення простих форм, включаючи форму круга, функція  $R(\theta)$  може бути описана аналітично. Проте для більшості форм це неможливо. *Ballard* показав, що підхід ще залишається життєздатним, оскільки для запам'ятовування інформації про форму можна використати переглядові таблиці (*look up table*), що містять дискретні значення  $R(\theta)$  для різних значень кутів. З цього опису ГНТ безпосередньо виходить, що воно являється інваріантним до обертання.

Таким чином, перетворення Хафа, ГНТ і їх різні модифікації забезпечують інваріантне виявлення геометричних примітивів і об'єктів на зображенні з високою мірою завадозахищеності і значною точністю визначення параметрів місця розташування і орієнтації. Важливим обмеженням застосовності цієї групи методів є те, що описані алгоритми виявляють не самі півтонові об'єкти, а їх контури. Тому об'єкти, що не мають чітко вираженого контуру, не можуть бути піддані детектуванню з використанням ГН.[16]

## РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ

### 3.1. Веб-камера. Її опис та технічні характеристики

Для проведення експериментальних досліджень було обрано веб-камеру Genius FaceCam 2020.

Бренд Genius належить тайваньській корпорації KYE Systems, яка була заснована в 1983 році. З самого початку свого існування основним напрямом діяльності Genius була розробка і виробництво комп'ютерних мишок. Власні клавіатури, акустичні системи, мікрофони, навушники, джойстики, ігрове кермо і Web- камери почали створюватися пізніше. Спочатку були тільки миші.

За свою історію компанія отримала безліч різноманітних нагород і заснувала декілька спільних проєктів з такими гігантами ІТ-індустрії як Hewlett - Packard, Philips, Siemens і Microsoft.

Веб-камера Genius FaceCam 2020 (рис. 5) – компактний і функціональний пристрій, оснащений CMOS- матрицею з роздільною здатністю 2 Мп. Камера здійснює зйомку з роздільною здатністю 1600x1200 з частотою 30 кадрів в секунду. Фокусування здійснюється вручну, що дає можливість самостійно управляти якістю «картинки». Модель оснащена універсальним кріпленням, і підключається до USB- порту.



Рис. 9. Веб-камера Genius FaceCam 2020

## Основні технічні характеристики веб-камери Genius FaceCam 2020

Основні технічні характеристики веб-камери Genius FaceCam 2020 представлені в таблиці 2.

Табл. 2. Основні технічні характеристики веб-камери Genius FaceCam 2020

Роздільна здатність відео	<u>HD (1280x720)</u>
Вбудований мікрофон	-
Сенсор	CMOS
Фокусування	Фіксований фокус
Кріплення	Настільне, прищіпка
Частота кадрів на секунду	30
Інтерфейс	USB 2.0
Додаткові характеристики	Роздільна здатність матриці: 2 Мпікс, Баланс білого: автоматичний. Фото: до 8 Мп (з інтерполяцією)
Системні вимоги	Сумісність з ОС: Windows
Довжина кабелю	1,5 м
Розміри	77 x 69 x 28 мм
Вага	150 г
Країна-виробник	Китай

### 3.2. Середовище моделювання NI Labview

Labview - продукт компанії National Instruments, що являє собою середовище графічного моделювання і розробки додатків. Labview розшифровується як Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench. З назви простежується орієнтація середовища на виміри, збір даних і лабораторні дослідження. Початкова панель Labview зображена на рисунку 6.[17]

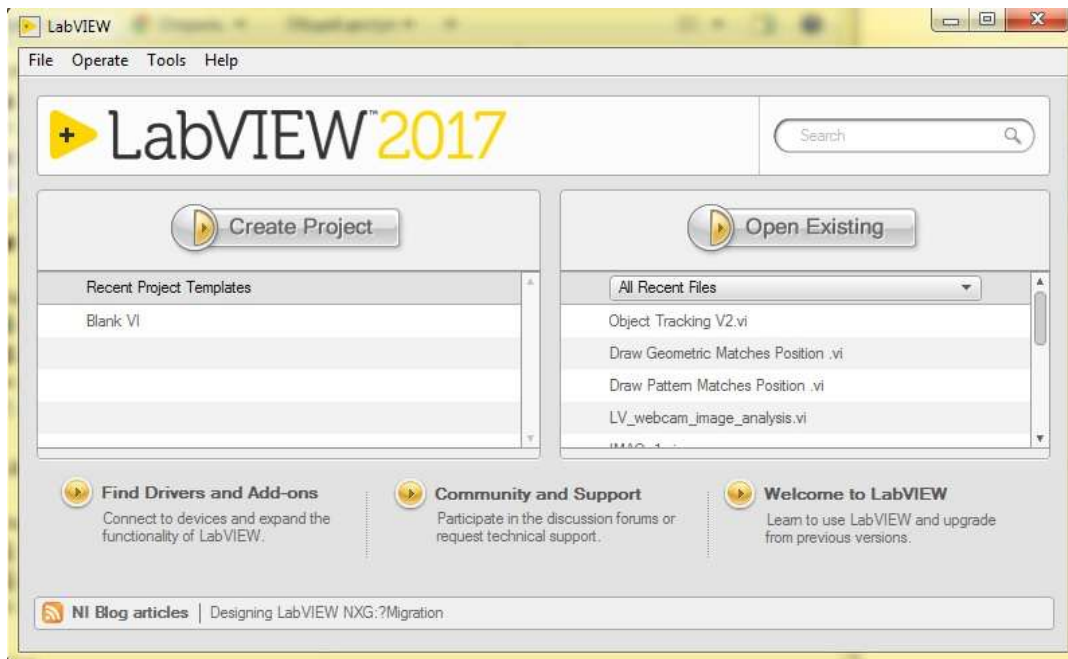


Рис. 10. Початкова панель Labview

Програма в LabVIEW виглядає як набір функціональних вузлів, сполучених провідниками для передачі даних. Джерелами даних для програми можуть служити вузли (nodes) підпрограм (підприладів) або термінали (terminals) елементів управління на передній панелі, а приймачами - термінали індикаторів, підприлади (Sub VI) виведення даних або їх збереження у файлах. Така структура програми дозволяє реалізувати модель потоку даних, які "втікають" в програму через перераховані вузли, обробляються і "витікають" з неї на вузли індикації. При цьому потоки, не пов'язані між собою загальними даними, обробляються паралельно.

Labview легко інтегрується з багатьма апаратними засобами, за наявності апаратних драйверів, встановлених на ПК. Так само Labview може бути інтегрований з програмними засобами, такими як Matlab і Simulink. Labview може працювати з програмованими логічними контролерами (ПЛК), через промислові протоколи зв'язку, наприклад, через Ethernet. Це дозволяє реалізовувати управління технологічним процесом підприємств різних масштабів.

Для написання додатків в NI Labview використовується мова програмування G, створена National Instruments. Ця мова програмування не вимагає написання об'ємних кодів, оскільки для його використання досить знати функції різних блоків.

### **3.2.1. Обробка і аналіз зображень і відео в середовищі моделювання**

#### **Labview**

Окрім універсальних засобів розробки комп'ютерних контрольно-вимірювальних систем, National Instrument надає широкий спектр спеціалізованих програмних бібліотек і апаратних модулів. Однією з таких апаратно-програмних технологій є платформа машинного зору NI VISION, що складається з технології захоплення зображення Image Acquisition (IMAQ) і технології програмної обробки і аналізу зображень. Апаратна частина IMAQ складається з модулів захоплення зображення з більшості поширених джерел відеосигналів - аналогових і цифрових камер різних конфігурацій і стандартів. Ці модулі розроблені так, що переважною більшістю їх функцій можна управляти програмно. Це полегшує введення зображень з різних відеоджерел.

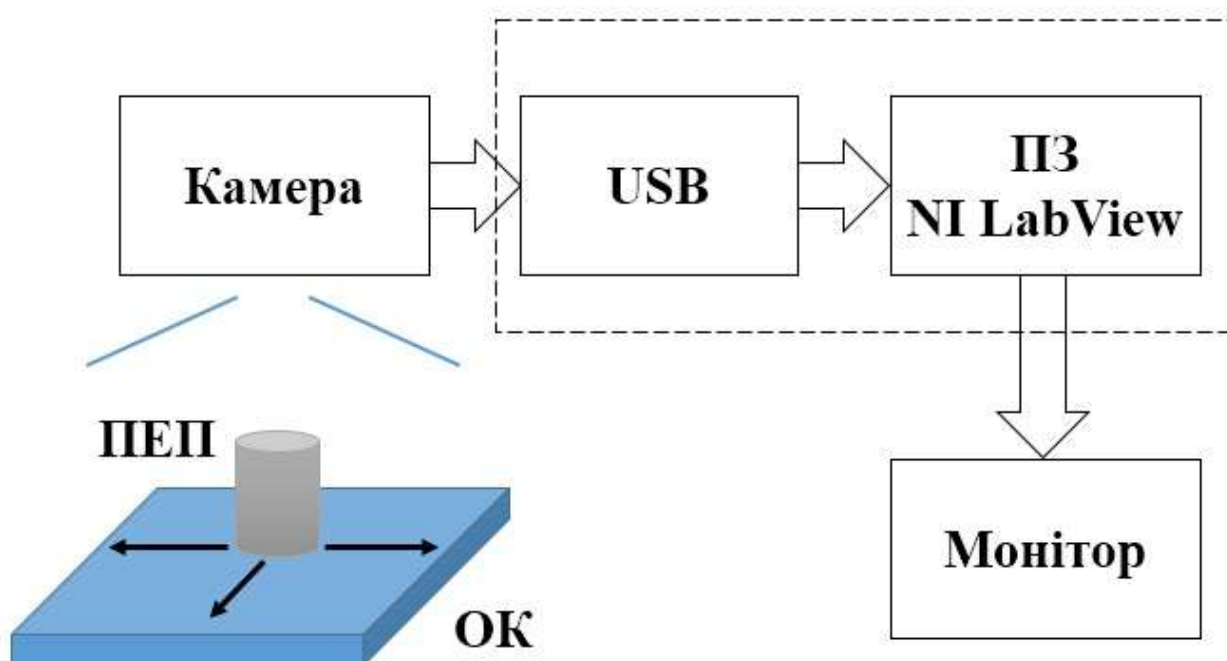
Це дозволяє здійснювати роботу із зображеннями різного спектрального діапазону, від рентгенівського до інфрачервоного, з різною глибиною оцифровування, від 8 до 32 розрядів, з різною швидкістю введення - від одиничних зображень до десятків тисяч кадрів в секунду. Так само для спрощення роботи з відео і зображеннями створений тулкіт NI Vision Assistant. Він дозволяє робити різні операції над зображеннями. Починаючи від роботи з кольором, закінчуючи розпізнаванням символів і об'єктів.[18]

### **3.2.2. Методи виявлення об'єктів, реалізовані в середовищі Labview**

NI Vision реалізує два методи для порівняння з шаблоном - pyramidal matching (пірамідального збігу) і low discrepancy sampling (низької розбіжності вибірки). Обидва методи використовують нормовану взаємну кореляцію як основний метод. Процес пошуку збігів складається з двох етапів: навчання і пошуку. На стадії навчання, алгоритм витягає значення сірого і / або контура з шаблону зображення. Алгоритм організовує і зберігає інформацію так, щоб полегшити швидкий пошук на вхідному зображенні. У NI Vision інформація, отримана на цьому етапі, зберігається як частину шаблону зображення.

На стадії пошуку збігу, схема узгодження алгоритму витягає значення сірого і/або краї градієнта з вхідного зображення. Потім алгоритм знаходить збіги шляхом розміщення областей на вхідному зображенні, де спостерігається високий рівень кореляції. Кореляція є найбільш поширеним методом для пошуку шаблону в зображенні. Оскільки основний механізм для кореляції оснований на серії операцій множення, процес кореляції віднімає багато часу. [19]

### 3.3. Структурна схема системи



## РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

У цьому розділі приведено результати експериментальних досліджень, проведених на системі відслідковування переміщення перетворювача на плоскій поверхні об'єкту контролю. Дана система зібрана за допомогою звичайної USB веб-камери, персонального комп'ютера та підставки – тримача для камери. Програмне забезпечення для автоматизації системи виконане в середовищі графічного моделювання NI Labview.

#### 4.1. Програмне забезпечення

На рисунку 11 представлена блок-діаграма системи відслідковування, яка зібрана з допомогою звичайної USB веб-камери та портативного комп'ютера. Автоматизація даної системи реалізована програмним забезпеченням, створеним на базі середовища графічного моделювання NI Labview.

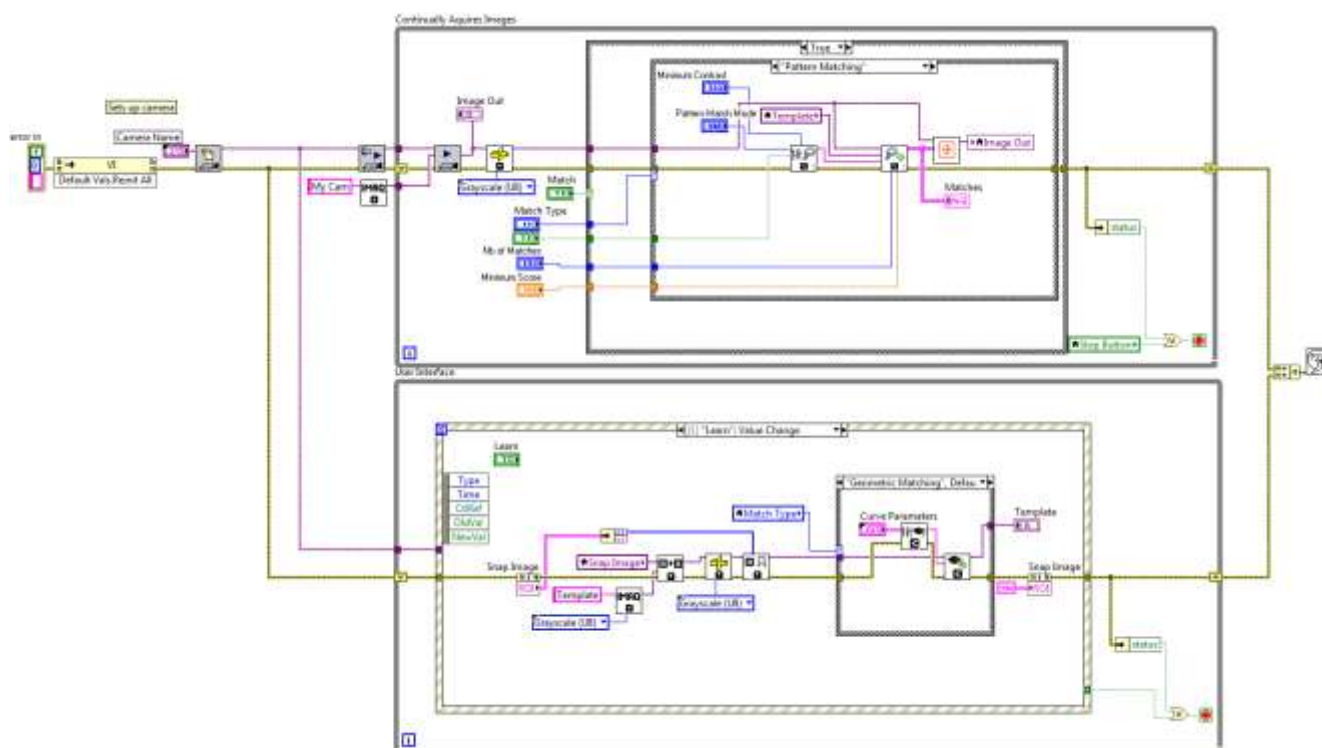


Рис. 11. Система відслідковування руху

На рисунку 12 представлена передня панель програмного забезпечення, створеного для автоматизації системи відслідковування руху на базі середовища графічного моделювання NI Labview.

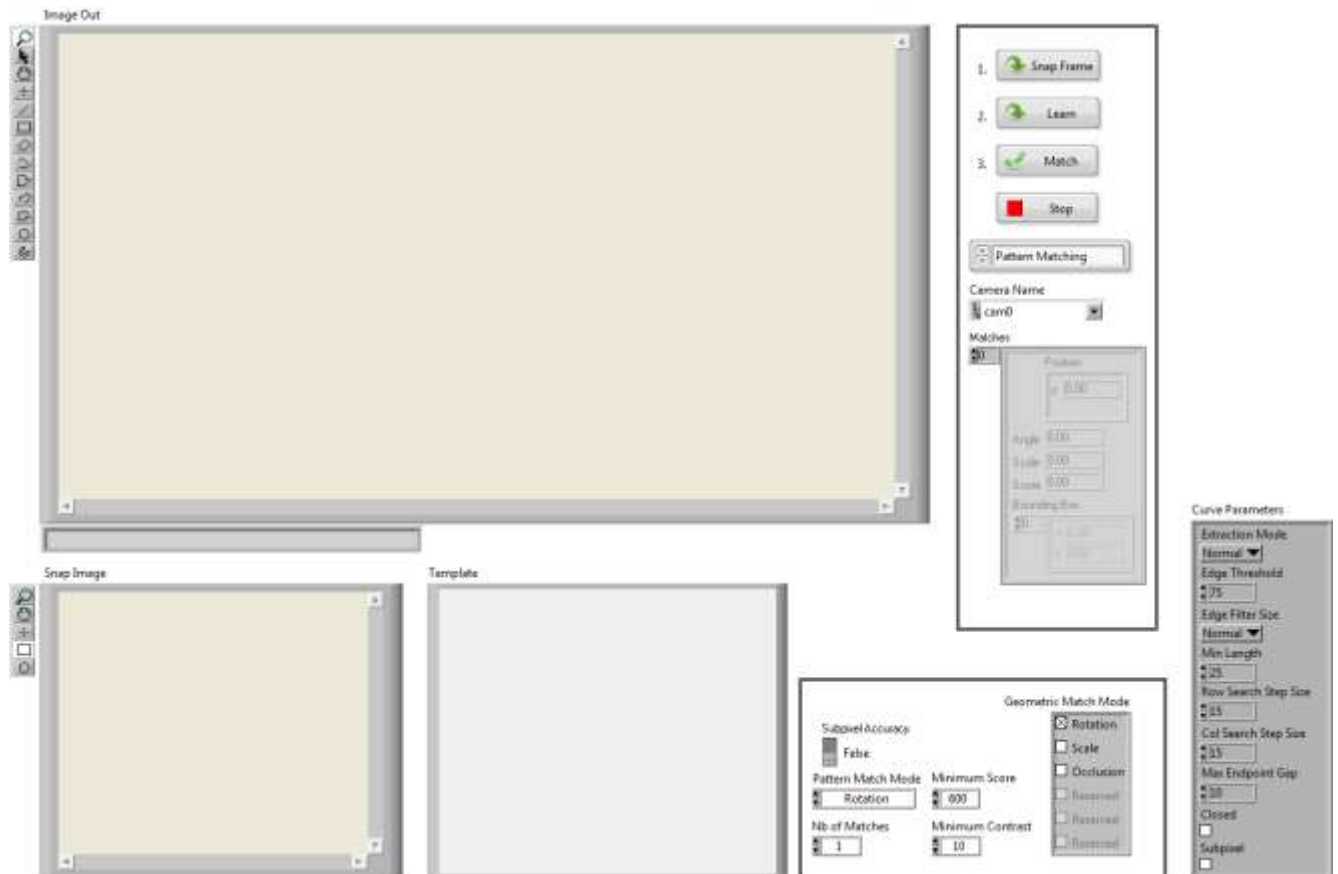


Рис. 11. Передня панель програмного забезпечення

На рисунку 12 представлено головне вікно передньої панелі програмного забезпечення, яке відображає головний первинний відеопотік, захоплений розробленою системою з відеокамери. Це основне вікно, у якому оператор зможе спостерігати систему відслідковування в дії.



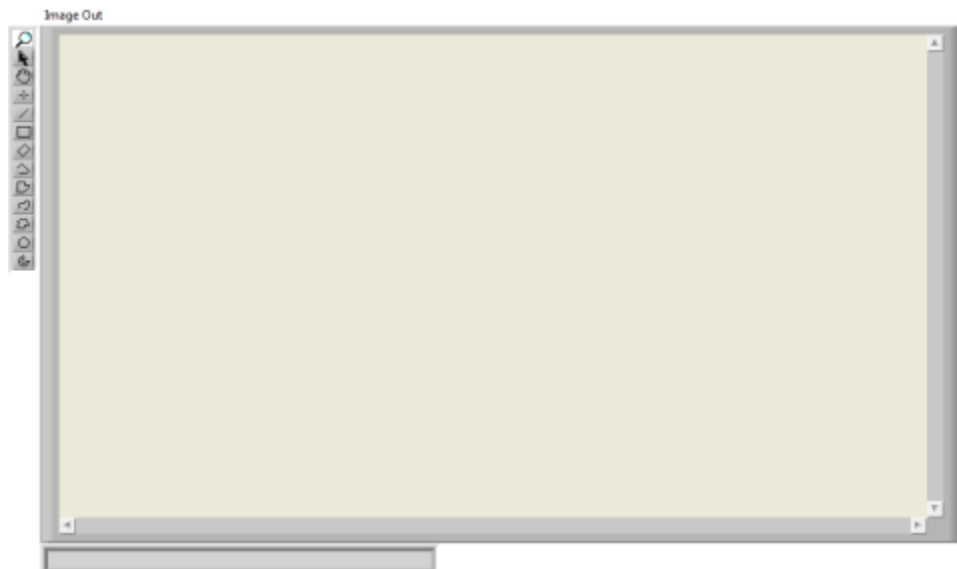


Рис. 12. Головне вікно передньої панелі системи

На рисунку 13 представлені допоміжні, але не менш важливі вікна розроблені системи.

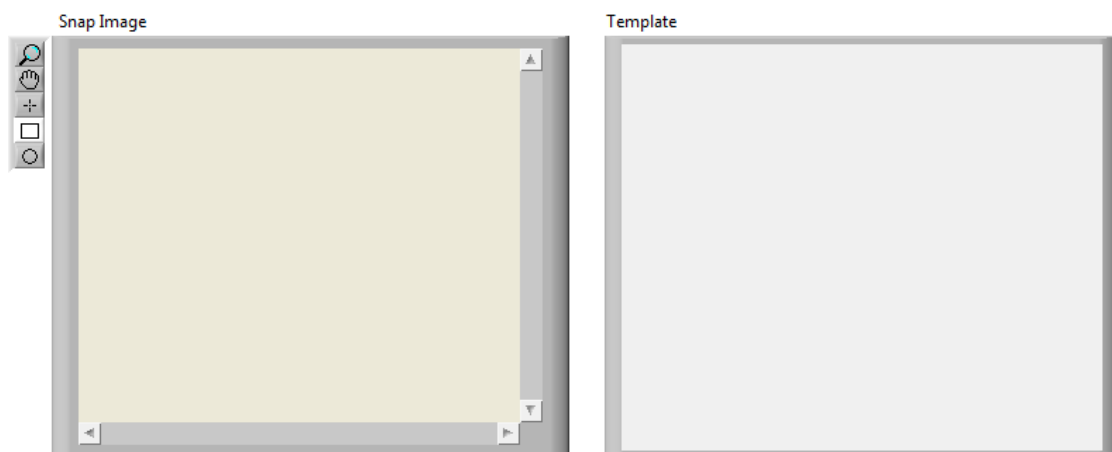


Рис. 13. Вікна системи

Ліве вікно – Snap Image – транслює відео, як і головне вікно, тільки у кольорі. Проте головною задачею цього вікна є виділення потрібної зони на зображенні. За допомогою курсора комп'ютерної миші вручну обирається об'єкт, за яким і буде проводитися спостереження.

Праве вікно – Template – відображає знімок виділеної зони, тобто об'єкта спостереження.

На рисунку 14 представлений інтерфейс програми та кнопки керування.

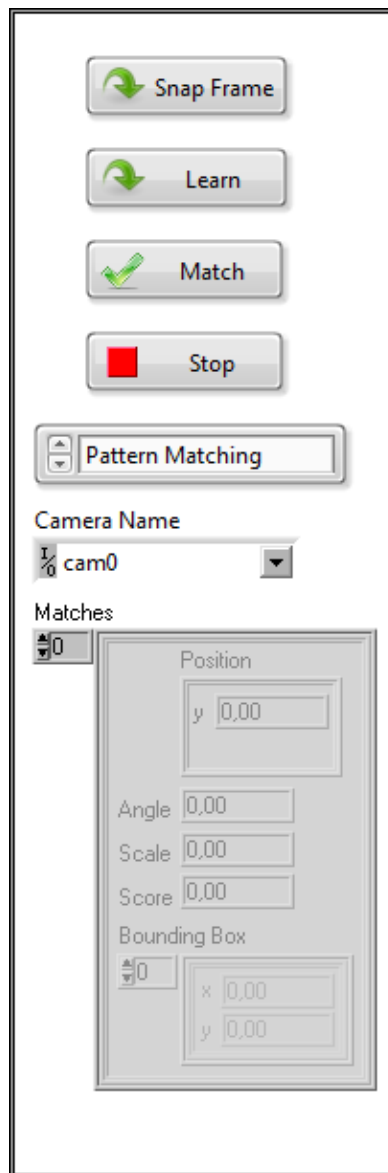


Рис. 15. Інтерфейс програми

На рисунку 16 представлено головне вікно передньої панелі програмного забезпечення, на якому відображається головний первинний відеопотік, захоплений розробленою системою з відеокамери. На рисунку можна спостерігати об'єкт контролю та перетворювач.



Рис. 16. Головне вікно системи у дії

На рисунку 17 представлені допоміжні вікна системи у дії. Зліва на рисунку зафіксовано область контролю, на якій обирають об'єкт, за переміщенням якого буде проводитись спостереження. Також можна зробити висновок, що розроблена система відслідковування з допустимою якістю розпізнає об'єкт контролю та датчик та розділяє їх.

Праворуч на рисунку зображено виділена зона відслідковування, тобто, у нашому випадку, ультразвуковий датчик. За допомогою курсора комп'ютерної мишки, виділяти датчик можна окремо прямокутної та круглої форми, що покращує якість відслідковування. Також вручну можна визначити центр, якщо, за якихось умов, він не визначився автоматично.

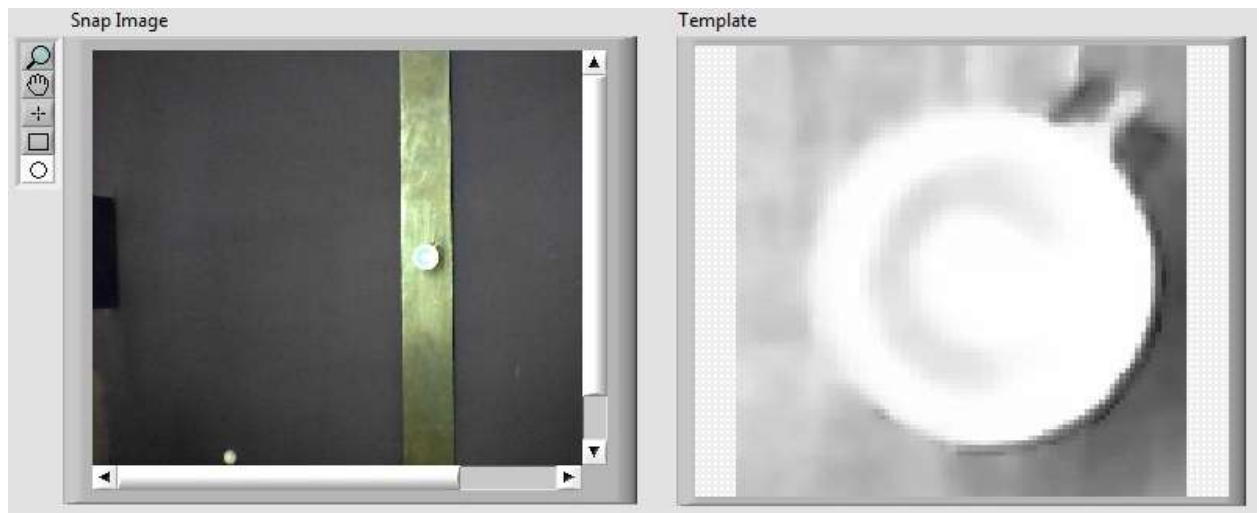


Рис. 17. Допоміжні вікна системи у дії

На рисунку 18 представлено результат роботи системи: об'єкт контролю, по якому рухається ультразвуковий датчик. На рисунку видно виділення червоною рамкою ультразвукового датчика. Тобто, можна зробити висновок, що система працює належним чином.



Рис. 18. Виділення ультразвукового датчика за допомогою системи  
відслідковування

На рисунку 19 можна спостерігати, що розроблена система відрізняє датчики за формою та розміром. Тобто, якщо за допомогою курсора комп'ютерної мишки

правильно обрати зону відслідковування, у нашому випадку датчик, то розроблена система обирає датчик потрібного розміру та форми, а на інші не реагує. Що забезпечить більшу точність контролю.



Рис. 19. Система розпізнає тільки потрібний датчик

На рисунку 20 представлено готову установку, розроблену в лабораторних умовах.

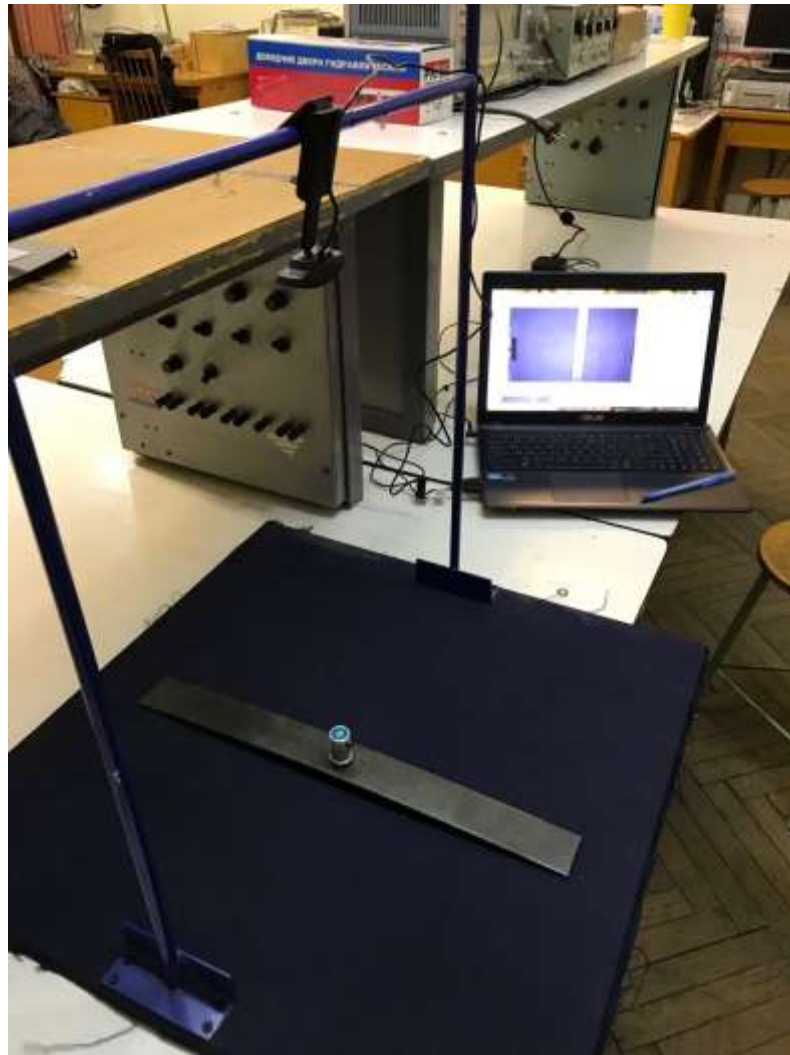


Рис. 20. Установка система відслідковування переміщення ультразвукового датчика, зібрана в лабораторних умовах.

## РОЗДІЛ 5. АНАЛІЗ ПОХИБОК ПІД ЧАС АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕНЬ

Системи обробки та аналізу цифрових зображень також мають певні похибки. Погіршення якості зображення зумовлюють розмитість зображення, співвідношення яскравості фону порівняно з об'єктом та інше.

Під час пошуку об'єктів, заданих оператором, іноді виникають неправдиві виділення об'єктів. Для того, щоб позбавитися від виділень, які не є об'єктами, застосовується алгоритм відсіювання результатів. Видимий список усіх виділених об'єктів і порівнюються їх геометричні характеристики, положення в робочому просторі, площа, що входить у виділений об'єкт. За рахунок похибок, які виникають в процесі отримання і обробки зображення, можливе відхилення отриманих характеристик об'єктів від еталонних значень. У зв'язку з цим по кожному контрольованому параметру вводиться порогове значення, що визначає величину максимального відхилення від еталонного значення. Величина порогового значення визначається емпірично. Якщо характеристики знайденого об'єкту знаходяться в межах заданих порогових значень, то об'єкт приймається і залишається в списку. Інакше об'єкт видаляється зі списку.[20]

Також важливим фактором при обробці та аналізі цифрових зображень є правильне виділення контурів шуканого об'єкта.

Для виділення контурів на зображенні часто використовують метод Кенні, проте в оригінальній роботі був запропонований лише детектор, працюючий з точністю до цілого пікселя.

Розглянемо детально метод Кенні і проведемо аналіз точності його роботи. Стандартна реалізація методу складається з наступних кроків.

1. Згладжування початкового зображення шляхом згортки з функцією Гауса, представленою формулою (7):

(7)

$$G(x, y; \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left\{ -\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right\}$$

2. Обчислення похідних розмитого зображення відбувається в два етапи, представлені формулами (8) та (9):

(8)

$$I_x = \frac{\partial}{\partial x} (I_x * G)$$

(9)

$$I_y(x, y) = \frac{\partial}{\partial x} (I_x * G)$$

Етапи 1 та 2 часто поєднують (10):

(10)

$$\frac{\partial}{\partial x} (I_x * G) = I * \frac{\partial G}{\partial x}$$

3. Пошук локальних максимумів модуля градієнта у напрямі вектору градієнта  $(I_x, I_y)$  відбувається за формулою (11):

(11)

$$|\nabla I| = \sqrt{I_x^2 + I_y^2}$$

Для пошуку локального максимуму модуль градієнта білінійно інтерполюється в точки, побудовані на перетині лінії, заданої градієнтом і осями сусідніх лівих або правих стовпців пікселів зображення (або верхньої і нижньої рядків при  $(\theta > 45^\circ)$ ). Якщо значення більше, то даний піксель є елементом контуру.

4. Порогове обмеження пікселів меж з 2 порогами (гістерезис).
5. Субпіксельне уточнення.[21]



## РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

У попередніх розділах було розглянуто основні методи і засоби відслідковування руху об'єкта, після чого розроблено автоматизовану систему відслідковування руху об'єкта та програмне забезпечення.

### 6.1. Опис ідеї стартап - проекту

На даному етапі буде проведено аналіз стартап-проекту для визначення можливості входу на ринок і конкурентоспроможності нашого товару.

У таблиці 2 представлено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

*Таблиця 2. Опис ідеї стартап-проекту.*

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка системи для відслідковування руху ультразвукового перетворювача на пласкій поверхні об'єкта контролю. Розробка програмного забезпечення та зручного інтерфейсу.	1. Підприємства	1. Можливість змінювати ОК в процесі відслідковування.
	2. Заводи	2. Можливість використання на різних пристроях (при наявності NI LabView)
	3. Вищі навчальні заклади.	3. Доступна ціна.
	4. Середньо-спеціальні навчальні заклади.	4. Простий та зрозумілий інтерфейс.
	5. Технікуми	

Пропонується прилад для автоматизації процесу відслідковування руху об'єкту, що прискорить процес відслідковування, а також буде простим у використанні завдяки зручного і зрозумілого інтерфейсу користувача. Значною перевагою має стати доступність даного товару для споживачів.

У таблиці 3 проводиться аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї перед конкурентними товарами.

Таблиця 3. - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

№	Техніко - економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона.)	N (нейтр. стор.)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Parame trix	Integral	Searates			
1.	Ціна	1500	10000	15000	200000			Сильною стороною є те, що при створенні мого видання є можливість введення формул.
2.	Зручність керування	У системі присутня навігація між розділами, сторінками тощо. Зручний інтерфейс	У системі присутня навігація між розділами, сторінками тощо	У системі присутня навігація між розділами, сторінками тощо. Зручний інтерфейс	У системі присутня навігація між розділами, сторінками тощо. Зручний інтерфейс		Це є нейтральною стороною, оскільки у деяких конкурентів також присутня ця характеристика	
3.	Надійність	Точний результат, мінімальна похибка	Точний результат, похибка	Точний результат, мінімальна похибка	Точний результат, мінімальна похибка		Це є нейтральною стороною, оскільки у деяких конкурентів також присутня ця характеристика	

4.	Зручність транспортування	Компактний, легкий	Компактний, легкий	Компактний, легкий	Компактний, легкий	Компактний, легкий		Це є сильною стороною мого проекту, оскільки видання конкурентів не містять такої інформації.
5.	Торгова марка	Відсутня	Присутня	Присутня	Присутня		нейтральною стороною, оскільки у деяких конкурентів також присутня ця характеристика	

За результатами аналізу таблиці 3 видно, що запропонована ідея за показниками надійності і зручності управління є не гіршою від товарів конкурентів, а ціна є сильною стороною. Наявність торгової марки в конкурентів може стати перешкодою. Можна зробити попередній висновок, що товар буде конкурентоспроможним.

## 6.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології (мови програмування), за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 4.

*Таблиця 4 - Технологічна здійсненність ідеї проекту.*

№	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
---	--------------	--------------------------	----------------------	------------------------

1.	Розробка системи для відслідковування руху ультразвукового перетворювача на пласкій поверхні об'єкта контролю. Розробка програмного забезпечення та зручного інтерфейсу.	Створення програми в середовищі графічного програмування LabView	Наявна	Повністю доступна по всім процесам.
----	--	--	--------	-------------------------------------

За результатами аналізу таблиці 4 є очевидним, що з потрібних технологій реалізації проекту обираємо LabView, так як це середовище графічного програмування є доступним.

### 6.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Щоб спланувати напрямок розвитку проекту необхідно врахувати стан ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозиції конкурентів. Це допоможе сформулювати ринкові можливості і загрози.

*Таблиця 5. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту*

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	6
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1000 одиниць
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Наявність ліцензії
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ISO 13485:2012
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	70%

За результатами аналізу попередньої характеристики потенційного ринку стартап-проекту можна зробити висновок, що вкладення коштів в даний проект є рентабельним. Так, як динаміка ринку зростає, це значить, що даний вид товару є потрібним. Також середня норма рентабельності підтверджує позитивні прогнози. Але оскільки даний товар є специфічним, то для його поширення необхідна ліцензія.

Далі необхідно визначити потенційну групу споживачів, спрогнозувати їхню поведінку, а також вимоги до нового товару

*Таблиця 6 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту*

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Автоматизація процесу відслідковування руху	Цільовою аудиторією можуть бути студенти вищих навчальних закладів, працівники підприємств та заводів.	Ціна, дизайн, простий та зрозумілий інтерфейс, швидкість виконання поставленої задачі.	Простота в експлуатації. Ефективність. Помірна ціна. Висока якість сервісного обслуговування. Консультація.

За результатами даної таблиці було визначено сегменти ринку на яких варто запропонувати продукт, а також визначено поведінку клієнтів і їхні основні вимоги.

*Таблиця 7 - Фактори загроз*

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Поява конкурентів	Зниження рівню продажів, втрата клієнтів, втрата лідерства на ринку.	Поліпшення якості продукту, встановлення конкурентно спроможних цін.
2.	Погіршення економічної ситуації	Зменшення купівельної спроможності	Скоротити працівників, вихід на міжнародні ринки
3.	Повільне впровадження систем відслідковування данного типу в процес контролю.	Можливе блокування виходу на ринок незацікавленими високопосадовцями	Домогтися розголосу у засобах масової інформації.
5.	Бар'єри при виході на ринок	Недостача людських, фінансових, технічних ресурсів	Набір персоналу; отримання фінансової підтримки від держави для виходу на ринок; забезпечення підприємства необхідним обладнанням

Проаналізувавши таблицю 7 є необхідність оцінити фактори загроз та розробити стратегію протидії їм. При можливій появі конкурента на ринку необхідно втримати існуючих клієнтів шляхом впровадження системи бонусів. Також при нестабільній фінансовій ситуації в країні може зрости рівень інфляції, що відобразиться на ціні комплектуючих деталей, так як вони є переважно закордонного виробництва. Тому необхідно постійно моніторити ринок даних деталей, щоб в найкоротший час змінити постачальника.

*Таблиця 8 - Фактори можливостей*

№ п/п	Фактор	Зміст зможливості	Можлива реакція компанії
1.	Відсутність конкурентів	Можливість стати єдиним лідером на ринку мультимедійних електронних видань.	Можливість встановити ціну, встановити свої правила на ринку збуту.
2.	Введення закону про піратство	Зменшення кількості піратських копій контенту	Збільшення цін
3.	Вихід на міжнародні ринки	Можливість міжнародної співпарці з зарубіжними компаніями, збільшення кількості клієнтів	Збільшення цін, технологічна модернізація, розширення підприємства.
4.	Прискорене впровадження подібних систем відслідковування в робочий процес.	Отримання державної підтримки, збільшення попиту.	Збільшення ціни, розширення контенту, покращення якості товару.
5.	Вихід оновленого програмного забезпечення	Нове програмне забезпечення дозволить пришвидшити та покращити процес створення мультимедійних посібників	Встановлення нового програмного забезпечення, підвищення кваліфікації працівників.

З таблиці 8 видно, що за рахунок специфічності даного товару є необхідність отримання ліцензії на його виробництво і це створює бар'єри для входу на ринок конкурентам. Також при отриманні держзамовлення можна досягти зменшення податку на даний вид діяльності і збільшити обсяги виробництва. Зробивши правильний наголос на походженні товару, можна заручитися соціальною

підтримкою і як наслідок зайняти певний сегмент ринку та спробувати отримати грант на розвиток проекту

*Таблиця 9. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку*

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Конкуренція на ринку з багатьма продавцями та покупцями тотожного, взаємозамінного товару, коли жоден із продавців чи покупців не здатний відчутно вплинути на ціну чи обсяги продажу	Встановлення конкурентно спроможної ціни, поліпшення якості.
2. Національна конкуренція	Основними конкурентами компанії являються вітчизняні виробники	Відкриття регіональних представництв.
3. Внутрішньогалузева конкуренція	Це боротьба між товаровиробниками, що діють в одній галузі ринку	Необхідно зосередити зусилля на пошуку конкурентних переваг, які дозволять компанії займати стійкі конкурентні позиції на даному ринку
4. Товарно - видова	Конкуренція між товарами одного виду	Поліпшення якості контенту, встановлення конкурентноспроможної ціни
5. Не цінова	Конкуренція, здійснювана через підвищення якості товарів, їх надійності, збільшення термінів служби, підвищення продуктивності, поліпшення умов реалізації за незмінних цін	Підвищення якості.
6. Не марочна	Роль торгової марки незначна	Зосередити увагу на стабільність роботи і на художньому оформленні видання.

За наявності олігополії на ринку необхідно правильно розставити пріоритети для того, щоб бути конкурентоспроможними. А саме, треба показати клієнту, що даний товар є не гіршим за відомі брендові, але значно дешевшим, що робить його доступнішим. Підібравши правильну цінову політику і проводячи ефективну

рекламну кампанію потрібно закріпитися в одному сегменті з подальшим розширенням, аж до виходу на міжнародний ринок.

*Таблиця 10. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером*

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Parametrix	Зменшення попиту, Зменшення купівельної спроможності, Законодавчі обмеження, Наявність товарних знаків.	Концентрація постачальників, Змінні витрати постачальників, Постачальники мають прямий вплив на якість продукції та на можливий обсяг її виробництва;	Рівень чутливості до змін цін, Купівельна спроможність, Продуктова диференціація, Розмір закупівель	Ціна, Схильність клієнтів до купівлі товарів-замінників, Більше різноаніття товарів
Висновки	Основними засобами конкурентної боротьби є збільшення витрат на рекламу, зниження цін, модернізація обладнання	Є можливість входу на ринок, є потенційні конкуренти, строки виходу їх на ринок приблизно 1 рік.	Постачальники можуть підняти ціни або відмовитись працювати з компанією	Клієнти мають свою купівельну спроможність, яка і визначає попит продукції на ринку.	Наявність продуктів-замінників, постійне спостереження за розвитком товарів-замінників на ринку

В умовах високої конкуренції з більш відомими фірмами необхідно нівелювати вплив бренду на лояльність споживачів. Вихід на ринок може забезпечити отримання держзамовлення для військових шпиталів та реабілітаційних центрів. Але продукт має мати такі сильні сторони як, невисока 63 ціна, висока якість, наявність сервісного обслуговування, простота експлуатації.

*Таблиця 11. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності*

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Частка ринку	Інтенсивність конкуренції між діючими конкурентами при низьких темпах зростання ринку є однією з головних сил, які діють на конкуренцію в галузі, одним з найважливіших факторів конкурентоспроможності виступає частка ринку, яку займає виробник. В таких умовах чим більша частка ринку, тим більшими ринковими можливостями володіє виробник.
2.	Ціна	Споживач має високу цінову чутливість, тому ціна на товар є одним з засобів ведення конкурентної боротьби. Чим вигіднішою є ціна для споживача, тим вірогіднішим є його вибір



3.	Асортимент	В умовах збільшення інтенсивності між існуючими конкурентами завоювання споживачів відбувається за рахунок нової тематики, урізноманітнення контенту.
4.	Репутація виробника	Якщо компанія має бездоганну репутацію, особливо у сфері якості своєї продукції, то рівень довіри до неї зростає. Також репутація виробника важлива при виході на ринок з новими товарами, або при виході на нові сегменти, що полегшує позитивне сприйняття новинок.
5.	Реклама	Здебільшого споживач приймає рішення про купівлю товару безпосередньо після перегляду реклами або після купівлі товару цієї ж фірми. Для компаній-виробників ключовими чинниками успіху є наявність ефективної реклами, сильна дистрибуція, якісний торговий маркетинг і технічна підтримка.
6.	Технологічна модернізація	Оновлення обладнання та технології виготовлення продукту дозволяє створювати більш якісний контент та покращувати технічну підтримку додатків, що тягне за собою збільшення кількості клієнтів та розширення частки ринку

Після проведення попередніх аналізів необхідно визначити і обґрунтувати фактори конкурентоспроможності

*Таблиця 12. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін*

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ... (назва підприємства)						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1.	Частка ринку	19					✓		
2.	Ціна	18			✓				
3.	Асортимент	13				✓			
4.	Репутація виробника	15						✓	
5.	Реклама	19		✓					
6.	Технологічна модернізація	18				✓			

Інформація наведена в таблиці 11 допоможе правильно розставити пріоритети при входженні на ринок і забезпечити прихильність певної групи клієнтів.

З таблиці 12 можна зробити висновок, що фактори конкурентоспроможності мають позитивні показники при входженні на ринок з новою продукцією. Основною перевагою є приваблива ціна та висока якість продукції, що робить дає можливість отримати якісний товар за доступною ціною.

Таблиця 13. SWOT- аналіз стартап-проекту

<b>Сильні сторони:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Наявність у виданнях різноманітного контенту (відео, аудіо, анімація, формули, та ін).</li> <li>- Співпраця з міністерством освіти</li> <li>- Кваліфікований персонал</li> <li>- Сучасне обладнання</li> <li>- нижча ціна відносно конкурентів</li> <li>- різноманітність тематики</li> <li>- легка навігація видання</li> <li>- інтуїтивність інтерфейсу</li> </ul>	<b>Слабкі сторони:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Низька підтримка на державному рівні,</li> <li>- Низький рівень технологічного забезпечення у навчальних закладах.</li> <li>- нестабільна конкурентна позиція;</li> <li>- низька прибутковість;</li> <li>- вузький асортимент</li> <li>- потреба в інвестиціях.</li> </ul>
<b>Можливості:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- збільшення попиту;</li> <li>- впровадження нового програмного забезпечення для створення видань.</li> <li>- проведення реклами</li> <li>- отримання інвестицій з боку держави;</li> <li>- вихід на нові ринки або сегменти ринку;</li> <li>- модернізація обладнання</li> </ul>	<b>Загрози:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- можливість появи нових конкурентів;</li> <li>- сповільнення зростання ринку;</li> <li>- зростаючий конкурентний тиск;</li> <li>- підвищення конкурентного тиску зі сторони товарів-субститутів;</li> </ul>

Проаналізувавши таблицю 13 наводимо перелік сильних та слабких сторін проекту. А також ринкових загроз та ринкових можливостей, що складається на основі факторів загроз і можливостей, що були представлені в таблицях 7 і 8 відповідно.

Таблиця 14 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

	<b>Можливості</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- збільшення попиту;</li> <li>- впровадження нового програмного забезпечення для створення видань.</li> <li>- проведення реклами</li> <li>- отримання інвестицій з боку держави;</li> <li>- вихід на нові ринки або сегменти ринку;</li> <li>- модернізація обладнання</li> </ul>	<b>Загрози</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- можливість появи нових конкурентів;</li> <li>- сповільнення зростання ринку;</li> <li>- зростаючий конкурентний тиск;</li> <li>- підвищення конкурентного тиску зі сторони товарів-субститутів;</li> </ul>
<b>Сильні сторони</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Наявність у виданнях різноманітного контенту (відео, аудіо, анімація, формули, та ін).</li> </ul>	Впровадження в навчальних виданнях на законодавчому рівні. Продаж в інтернет-магазинах.	Встановлення доступних цін на продукцію.

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Співпраця з міністерством освіти</li> <li>- Кваліфікований персонал</li> <li>- Сучасне обладнання</li> <li>- нижча ціна відносно конкурентів</li> <li>- різноманітність тематики</li> <li>- легка навігація видання</li> <li>- інтуїтивність інтерфейсу</li> </ul>	<p>Створення потужної рекламної кампанії</p> <p>Підвищення кваліфікації працівників та впровадження найбільш сучасного програмного забезпечення для отримання кращої якості видання.</p> <p>Розширення асортименту продукції.</p>	
<p><b>Слабкі сторони</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Низька підтримка на державному рівні,</li> <li>- Низький рівень технологічного забезпечення у навчальних закладах.</li> <li>- нестабільна конкурентна позиція;</li> <li>- низька прибутковість;</li> <li>- вузький асортимент</li> <li>- потреба в інвестиціях.</li> </ul>	<p>Залучення інвесторів.</p> <p>Привернення уваги нових клієнтів шляхом формування різноманітного асортименту продукції, встановлення конкурентноспроможної ціни.</p>	<p>Залучення інвесторів.</p> <p>Привернення уваги нових клієнтів шляхом формування різноманітного асортименту продукції, встановлення конкурентноспроможної ціни.</p>

Проаналізувавши таблицю 14 наводимо перелік сильних та слабких сторін проекту. А також ринкових загроз та ринкових можливостей, що складається на основі факторів загроз і можливостей, що були представлені в таблицях 7 і 8 відповідно.

На основі SWOT-аналізу розробляється альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів і представлені в таблиці 15.

*Таблиця 15. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту*

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Впровадження в навчальних закладах на законодавчому рівні	Досить мала ймовірність	1 рік
2	Продаж в інтернет-магазинах	95%	5 місяців
3	Створення потужної рекламної кампанії	70%	2 місяці
4	Підвищення кваліфікації працівників та впровадження найбільш сучасного програмного забезпечення	70%	Постійно
5	Розширення асортименту продукції.	80%	6 місяців
6	Залучення інвесторів.	80 %	6 місяців

Найбільш прийнятною альтернативою є зробити ставку на походження продукту і підтримку вітчизняного виробника. Правильний підхід для 65 зацікавлення меценатів дає високу ймовірність отримання ресурсів для розробки продукту, а також прийнятні строки реалізації проекту.

#### **6.4. Розроблення ринкової стратегії проекту**

В першу чергу необхідно визначити цільові групи потенційних споживачів.

*Таблиця 16. Вибір цільових груп потенційних споживачів*

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Школярі	Висока	95 %	Середня	Помірна
2	Студенти	Висока	90 %	Середня	Помірна
3	Батьки дітей дошкільного віку	Середня	80 %	Середня	Помірна

Серед цільових груп було обрано військові шпиталі, так як, попит в межах даної групи найбільший через необхідність великої кількості продукції, а інтенсивність конкуренції найменша, що дає змогу міцно закріпитися в даному сегменті для початку. Наступним етапом є визначення базової стратегії розвитку.

Таблиця 17. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Робота з одним сегментом	Стратегія концентрованого маркетингу	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Наявність у виданнях різноманітного контенту (відео, аудіо, анімація, формули, та ін).</li> <li>- нижча ціна,</li> <li>- ефективна реклама</li> </ul>	Стратегія спеціалізації передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок. Мета тут полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти.

Оскільки мета полягає в задоволенні потреб одного цільового сегменту, то відповідно базовою стратегією розвитку було вибрано – стратегію спеціалізації. Ставка робиться на такі конкурентоспроможні позиції як: ціна та сервісне обслуговування, що мають схилити споживачів до використання даної продукції.

Таблиця 18. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Буде шукати нових та забирати вже існуючих	Ні	Стратегія виклику лідера. Флангова атака

Оскільки в Україні продукція даного типу не виробляється, то високою вірогідністю є отримання гранту для розвитку вітчизняних технологій та держзамовлення. Тому самою оптимальною стратегією конкурентної поведінки є зайняття конкурентної ніші. Необхідно постійно розвивати свої конкурентні переваги для підтримки вхідних бар'єрів.

*Таблиця 19. Визначення стратегії позиціонування*

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап - проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Простота експлуатації, доступність, якість	в Спеціалізації	Ціна, сервісне обслуговування, висока якість	Ціна-якість, доступність, гарантійне сервісне обслуговування

В результаті аналізу таблиці було обрано стратегію позиціонування на основі специфічних відчутних характеристик. Це дасть змогу зайняти окремий сегмент цільової аудиторії і закріпитися в ньому. Низька ціна, співвідношення ціна-якість, а також гарантійне якісне сервісне обслуговування мають стати ключовими пунктами для приваблення клієнтів

### **6.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту**

Для розробки маркетингової програми в першу чергу необхідно визначити ключові переваги концепції товару. Проаналізувавши попередні пункти показуємо результати конкурентоспроможності товару.

*Таблиця 20. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару*

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Простота в експлуатації	Можливість застосування приладу без спеціального навчання	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Якісне програмне забезпечення та зручний інтерфейс користувача</li> <li>- Оптимальний варіант ціна-якість</li> <li>- Наявність гарантійного обслуговування та технічної підтримки</li> </ul>
2	Доступність	Невисока вартість товару за рахунок дешевих комплектуючих	
3.	Сервісне обслуговування	Гарантійне сервісне обслуговування	

За результатами таблиці 19 складено перелік ключових переваг перед конкурентами на які буде акцентуватися увага споживачі при входженні на ринок. Це дозволить завоювати лояльність споживачів і зайняти сегмент ринку

Таблиця 21. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Система відслідковування руху об'єкта
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	Вигоди: - ціна; - якість; -сервісне обслуговування та технічна підтримка.
	1. Гарантійний термін 2. Ціна 3. Сервісне обслуговування 4. Простота в експлуатації
	Пакування: Коробка з гофрованого картону
III. Товар із підкріпленням	До продажу: Можливість протестувати прилад в офісі фірми. Безкоштовна доставка.
	Після продажу: Гарантійне сервісне обслуговування та технічна підтримка
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: свідоцтво про авторське право	

Результатом таблиці 21 є створення трьохрівневої моделі продукту, що показує задум, основні характеристики, підтвердження якості, спосіб пакування, додаткові послуги та спосіб захисту від копіювання. Для встановлення ціни на власний товар необхідно проаналізувати ціни на товари конкурентів та рівень доходів цільової групи споживачів. Результат аналізу наведено в таблиці 22.

Таблиця 22. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	10000 грн.	10000-35000 грн	15000 грн	7000-15000 грн

Формування системи збуту представлене в таблиці 23.

Таблиця 23. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Покупка одної, або декількох	Доставка товару покупцю,	Канал збуту нульового рівня	Інтернет-магазини

	одиниць товару, з подальшим можливим замовленням партії	налаштування та консультація з використання		
--	---	---	--	--

За відсутності посередника при збуті товару не потрібно враховувати ціну за послуги. Також прямий продаж передбачає безпосередній контакт з цільовою аудиторією, що дозволить врахувати індивідуальні побажання і допоможе втримати клієнтів

*Таблиця 24. Концепція маркетингових комунікацій*

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Пошук якісної сертифікованої продукції за доступною ціною	Тематичні журнали, реклама в пошукових системах, виставки	Ціна–якість, сервісне обслуговування, зручність управління	Акцентувати увагу на якісний товар за доступною ціною.	Опис пріоритетних параметрів системи

За результатом аналізу даної таблиці необхідно зробити основну ставку на відношенні ціна-якість, а також акцентувати увагу на наявність гарантійного сервісного обслуговування. Каналами для розміщення реклами необхідно обрати тематичні журнали та пошукові системи. Це дасть змогу постійно бути на виду у потенційних клієнтів.

## **6.6. Висновки до розділу**

При зростаючій динаміці ринку, доволі високому попиті, а також позитивному прогнозі рентабельності комерціалізація даного проекту є можливою і має хороші перспективи. На сучасному етапі існує 3 основних конкурента з відомим ім'ям, але за рахунок ключових конкурентоспроможних характеристик можна нівелювати вплив бренду. Найдоцільнішим варіантом буде зайняти



конкурентну нішу в одному сегменті і закріпитися в ньому. Після цього можна буде починати шукати клієнтів в інших сегментах ринку і починати диктувати свої умови. Подальший імплементація проекту є доцільною, оскільки наведені дані демонструють перспективність даної діяльності

## ВИСНОВКИ

У результаті проведення аналітичного огляду літературних джерел за заданою тематикою було виявлено та сформульовано актуальність даної тематики, об'єкт та предмет досліджень, а також перелік завдань, необхідних для виконання.

Через те, що ручний контроль має певний ряд недоліків, таких як вплив суб'єктивного фактору, неможливість автоматично задокументувати результати досліджень, наявність похибок вимірювань та інші, гостро постає питання автоматизації неруйнівного контролю.

Також важливим є відслідковування процесу контролю для можливості реєстрації та подальшої звітності.

Проводивши аналітичний огляд було виявлено, що загальновідомих систем, які б дозволяли відслідковувати переміщення на об'єктах контролю з плоскими поверхнями не так і багато.

Саме тому було вирішено розробити систему для відслідковування датчиків на плоских поверхнях, спираючись на вже існуючі рішення, знайдені в ході проведення аналітичного огляду.

У лабораторних умовах було зібрано систему відслідковування переміщення. Основними інструментами системи стали веб-камера Genius FaceCam 2020 та програмне забезпечення, виконане в середовищі моделювання NI LabView.

Отже, у ході виконання магістерської дисертації, було розроблено систему відслідковування переміщення датчиків на плоских поверхнях. У майбутньому система може бути модифікована для запису траєкторії руху об'єкта, який відслідковують.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Відстеження (комп'ютерна графіка) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Відстеження\\_\(комп'ютерна\\_графіка\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Відстеження_(комп'ютерна_графіка)).
2. Трекинг(виртуальная\_реальность) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Трекинг\\_\(виртуальная\\_реальность\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Трекинг_(виртуальная_реальность)).
3. СИСТЕМЫ GPS И ГЛОНАСС: СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА, РЕЖИМЫ РАБОТЫ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://opelglavsnab.ru/cistemy-gps-i-qlonass-sfera-primeneniya-preimushhestva-rezhimy-raboty/>.
4. RADIO COMMUNICATION SYSTEM [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://autovision.com.ua/>.
5. Холодкова В. Виртуальная реальность: общие понятия, системы трекинга / Валерия Холодкова. // Мир ПК. – 2008. – №4.
6. Оптическая локация [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://wiki.laser.ru/index.php/Оптическая\\_локация](http://wiki.laser.ru/index.php/Оптическая_локация).
7. Video-REC [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://video-rec.ru/helpful-information/eas/the-principle-of-operation-of-anti-theft-systems/>.
8. Виртуальная реальность: общие понятия, системы трекинга. // Мир ПК. – №4.
9. Алфимцев, А. Н. Захват и отслеживание удаленных объектов в видеопотоке / А. Н. Алфимцев, Н. А. Демин. – 2013. – С. 9.
10. Маєвський С. М. Координатна реєстрація інформації в дефектоскопії / С. М. Маєвський, К. М. Сєрий. – Львів, 2011. – 116 с. – (Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів).
11. Бободжонов Д. А. ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОМОНИТОРИНГА / Д. А. Бободжонов, С. В. Волков, В. С. Чапаев. – С. 6.

12. Алгоритм построения траектории движения объектов в видеопотоке на основе оптического потока / [В. О. Франц, В. В. Воронин,, В. I. Марчук, та ін.].
13. Мизотин М. М. ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ГРАНИЦ С СУБПИКСЕЛЬНОЙ ТОЧНОСТЬЮ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ПО ПРОФИЛЮ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ КАПЛИ\* / М. М. Мизотин. – С. 102.
14. Попышев С. Д. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ПРОСТРАНСТВЕННОЙ И ВРЕ- МЕННОЙ ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ LABVIEW / С. Д. Попышев. – 2016. – С. 66.
15. Алгоритмы слежения за объектами при цифровой обработке видеоизображения. // 11 Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Молодежь и современные информационные технологии". – №11. – С. 180.
16. Лукьяница А. А. Цифровая обработка видеоизображений / А. А. Лукьяница, А. Г. Шишкин. – Москва, 2009. – 518 с.
17. Машинное зрение и цифровая обработка изображений [Электронный ресурс] // Журнал "Современные технологии автоматизации" – Режим доступа до ресурсу: <http://www.cta.ru/cms/f/435961/pdf>.
18. Алгоритмы распознавания видео [Электронный ресурс] // Computer Sciense Club – Режим доступа до ресурсу: <https://compsciclub.ru/>.
19. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision / [А. Моржин, А. Ходарев, В. Князь та ін.], 2017.
20. Отслеживание объектов в видеопотоке. Методы построения траекторий – Пермь: Macroscop, 2015. – (Программное обеспечение).
21. СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ И СЛЕЖЕНИЯ ЗА НАЗЕМНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ НА БАЗЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ [Электронный ресурс] // Журнал "Горная промышленность". – 2006. – Режим доступа до ресурсу: <https://mining->

media.ru/ru/article/geoinformsys/1036-sovremennye-sistemy-navigatsii-i-slezheniya-zanazemnymi-transportnymi-sredstvami-na-baze-sputnikovykh-tehnologij.

22. Горітов А. Н. Выделение на изображении низкого разрешения параметрически задаваемых объектов / А. Н. Горітов, С. І. Яковченко // УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА / А. Н. Горітов, С. І. Яковченко., 2017. – С. 3.

23. Евдокимов Ю. К. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора / Ю. К. Евдокимов, В. Р. Линдваль, Г. І. Щербаков. – Москва: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.